This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD

LANE

MEDICAL LIBRARY

LEVI COOPER LANE FUND

MÉMOIRES

D'OPHTALMOMÉTRIE

PUBLICATIONS DE L'AUTEUR

RELATIVES A L'ASTIGMATISME

Note sur le choix des verres cylindriques (*Annales d'oculistique*, 1865, t. LIII, p. 30).

Sur le choix des verres cylindriques (*ibid.*, 1866, t. LV, p. ...).

Ueber ein neues Instrument zur Prüfung des As. (*Monatsbl. f. Augenheilk.*, t. III, p. 336 et *Sitzungsber. der ophthalm. Ges.*, t. I, p. 1).

Historique et Bibliographie de l'As. (*Ann. d'ocul.*, 1866, t. LV, p. 105).

Nouvel instrument pour la détermination de l'As. (*ibid.*, 1867, t. LVII, p. 39).

Chapitre As. dans Wecker (*Etudes ophtalmologiques*, 1867, p. 787-837).

De la lentille de Stokes (*Ann. d'ocul.*, 1869, t. LXI, p. 53).

Des variations de l'As. (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 5 juillet 1873, p. 270).

Divers appareils pour la mesure de l'As. (*ibid.*, 1873, p. 303).

Appareil pour la mesure de l'Astigmatisme. (*Gaz. méd. de Paris*, 1877, n° 44. Réclamation de priorité contre Snellen pour la modification de la lentille de Stokes).

Verre conique destiné à l'optométrie (*ibid.*, 1877, p. 389).

Sur les applications d'un appareil nouveau destiné à mesurer l'As.: analyse mathématique de l'action des verres cylindriques. *Congrès international de Genève*, septembre 1877, *Séances de la Société de physique*, 1877, p. 40, *Journal de physique*, 1877, p. 265, et *Bulletin de la Société d'anthropologie*, 1877, 2e série, t. XII, p. 749).

Lentille de Stokes modifiée (*Ann. d'ocul.*, 1878, t. LXXX, p. 201).

Mesure subjective rapide de l'As. (*Séances de la Société de physique*, 1880, p. 138).

De l'As. au point de vue de l'hygiène (*Revue d'hygiène*, 1880, p. 990).

Mesure du rayon de courbure de la cornée (*Séances de la Société de physique*, 1881, p. 59).

De la mesure subjective et objective de l'Astigmatisme (*Ann. d'ocul.*, 1881, t. LXXXVI, p. 61).

Sur la théorie de l'accommodation (*C. R. de la Société de Biologie*, 1882, p. 309).

Sur les vues décimées (*ibid.*, 19 mai 1883).

De plus :

Les mémoires reproduits dans le présent volume, p. 37, 39, 43, 51, 67, 115, 143, 144, 257, 337, 359 et 366.

EN VENTE A LA LIBRAIRIE MASSON

Helmholtz. — *Optique physiologique*, traduite par Javal et Klein, 1867.

Javal. — *Du strabisme dans ses applications à la théorie de la vision*. Paris, 1868.

Javal. — *Hygiène des écoles primaires et des écoles maternelles*. Rapport fait au nom de la commission siégeant au ministère de l'Instruction publique. Paris, Imprimerie nationale, 1881.

Oscar J. Bull. — *Les ... théorique et pratique*. Paris, 1889.

MÉMOIRES

D'OPHTALMOMÉTRIE

ANNOTÉS ET

PRÉCÉDÉS D'UNE INTRODUCTION

PAR

E. JAVAL

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Avec 135 figures dans le texte

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain, 120

1890

LANE LIBRARY

391
1891

AVANT-PROPOS

Depuis la brillante discussion qui a eu lieu en 1888 au sein de la Société ophtalmologique américaine (1), l'ophtalmométrie est devenue populaire au delà de l'Atlantique et les confrères américains nous demandent avec instance de rédiger pour eux un manuel d'ophtalmométrie. D'autres occupations, parmi lesquelles nous mentionnerons la rédaction d'une monographie sur le strabisme, nous empêchent de nous rendre à leur désir.

A défaut d'un manuel, le présent volume leur en donnera les éléments : c'est un recueil des principaux mémoires publiés par les ophtalmologistes qui ont fait de l'ophtalmométrie. Nous avons fait précéder ces mémoires d'une introduction qui est, pour ainsi dire, le plan d'un traité d'ophtalmométrie et d'optométrie.

Les confrères qui, en 1881, au congrès de Londres, ont eu assez confiance dans la parole de M. Schiötz et dans la mienne pour faire l'acquisition d'un instrument qui coûtait la somme excessive de 360 francs, peuvent se souvenir qu'à cette époque nous leur avons annoncé notre intention de leur laisser le plaisir de parcourir le champ des recherches cliniques rendues possibles par nos appareils. Nous avons tenu parole et on nous rendra cette justice

(1) Voy. p. 373 à 383.

48505

que nous avons laissé à d'autres le soin de publier les résultats cliniques obtenus au moyen de l'ophtalmomètre.

La moisson a été abondante, bien au delà de nos espérances : pour en juger, il suffit de parcourir les monographies réunies ci-après, et dont il eût été facile de doubler le nombre, si nous ne nous étions pas imposé la loi de ne reproduire que des travaux réellement utiles et de ne pas citer ceux qu'il nous aurait fallu critiquer.

Le volume débute par une leçon faite par M. Gavarret ; si nous la reproduisons, c'est un peu pour placer ce livre sous le patronage d'un maître aussi illustre ; c'est surtout pour mettre sous les yeux des étrangers une de ces leçons magistrales où l'élégance de la forme s'ajoute à la clarté de l'exposition.

Le second chapitre, description de l'instrument, a été rédigé par M. Sulzer. La lecture en est nécessaire pour ceux qui possèdent le *modèle de 1889*.

Le chapitre III, que M. Motais a bien voulu écrire, donne des instructions pratiques très précises.

Depuis le chapitre IV jusqu'au chapitre XLIV viennent quarante et une monographies, rangées à peu près par ordre chronologique. Ce sont des travaux qui n'auraient pas été faits si l'ophtalmomètre pratique n'avait pas existé. Il nous a paru préférable de les laisser dans leur langue originale ; chacun aura ainsi la ressource de lire d'abord les parties écrites dans la langue qui lui est la plus familière, ce qui lui rendra plus facile l'intelligence du reste.

[A la suite et parfois dans le cours de quelques-uns de ces mémoires, nous avons ajouté quelques annotations. Elles sont toutes précédées et suivies d'un crochet et imprimées en caractères plus fins, comme la présente intercalation.]

En parcourant ce volume, on s'apercevra bientôt que l'ophtalmométrie clinique doit ses progrès en Amérique à M. Swan M. Burnett, qui s'en est fait le premier champion.

En Suisse, MM. Haab, de Zurich, et Pflüger, de Berne, ont inspiré d'importants travaux parmi lesquels je citerai la thèse de Roth (Ueber As. und Ophthalmometrie, Zurich 1890) trop étendue pour avoir pu trouver place ici, et surtout l'admirable mémoire de M. Eisseu, reproduit plus loin *in extenso* et qui jette un jour éclatant sur les faits observés par M. G. Martin, M. Pfalz et M. Theobald chez les glaucomateux.

En Allemagne, l'ophtalmométrie créée par Senff, Kohlrausch et Helmholtz (1854), ne se généralisera que lorsqu'un confrère aura donné son nom à une modification de notre instrument. Les choses sont d'ailleurs en bonne voie, car on y emploie couramment un modèle dont le constructeur, M. Kagenaar, a copié assez fidèlement notre appareil de 1881.

En Italie, sous l'impulsion de M. Reymond, de M. Angelucci et de M. Scimemi, nous voyons apparaître des mémoires fort intéressants parmi lesquels figure un travail de M. Albertotti.

Les pays scandinaves ont été les premiers à l'œuvre : Blix, Schiötz, Nordenson, Tscherning se sont distingués par des travaux remarquables. La place a manqué pour reproduire ici les importants mémoires de M. Gullstrand.

Depuis Jean-Louis Petit, les Français ont occupé une place considérable dans l'histoire de l'ophtalmométrie et de l'optique de l'œil. Sans avoir à citer un génie extraordinaire comme Th. Young ou un savant comparable à M. Helmholtz, nous pouvons bien rappeler que c'est à Sturm qu'on doit la théorie mathématique de la réfraction par les surfaces astigmatiques, — que le colonel Goulier, alors professeur à l'école d'application de Metz, avait signalé dès 1852 la fréquence de l'astigmatisme et combiné des moyens de mesure supérieurs à ceux donnés depuis par Donders, — que le peintre Cassas avait fait emploi de verres toriques dès 1844, — que j'ai institué, dès 1863, l'emploi du cadran rayonné et des verres cylindriques pour la mesure

de l'astigmatisme — que c'est de France qu'est partie la réforme de la numération des verres d'optique, proposée dès 1857 par Soleil fils et que j'ai été assez heureux pour faire adopter universellement, — et qu'enfin trois Français, Cuignet, Parent et Chibret ont créé et perfectionné la skiascopie, dont la théorie a été établie par Leroy.

C'est également à la France que revient l'honneur d'avoir introduit l'ophtalmométrie dans la pratique; grâce aux artistes incomparables qu'on y rencontre, Paris gardera longtemps encore le monopole de la fabrication des ophtalmomètres.

Parmi les travaux qui forment ce volume, une bonne partie ont paru en France, et les observations de MM. Chibret, Vacher, Meyer, Leroy, Tscherning, Geo. J. Bull ont servi de point de départ à d'intéressantes discussions au sein de la *Société française d'ophtalmologie*.

Nous devons signaler tout particulièrement, parmi les recherches qui dérivent de l'ophtalmométrie, l'important mémoire de M. Hocquard, reproduit plus loin p. 509, qui est venu apporter de graves modifications à la théorie de l'accommodation, telle qu'elle avait cours depuis Helmholtz. — L'accommodation astigmatique du cristallin, à laquelle personne de nous n'avait cru quand elle fut affirmée par Dobrowolski, bien moins fréquente qu'il ne m'avait semblé depuis, ne saurait plus guère être contestée, depuis que M. Hocquard, détrônant les fibres circulaires du muscle ciliaire sur lesquelles s'appuyait la théorie classique de l'accommodation, est venu montrer que l'anatomie est conciliable avec les déformations astigmatiques du cristallin.

Tandis que, pour les autres auteurs, j'ai reproduit les mémoires originaux qui avaient trait à l'ophtalmométrie, l'importance même et le développement des travaux de M. G. Martin m'a mis dans la nécessité de lui demander un court résumé de ses recherches : c'est ce résumé qui figure sous le n° XLI.

M. Martin, avec une patience, une imagination et une curiosité admirables, n'a pas cessé, pendant huit ans, de rechercher les applications de l'ophtalmométrie à la clinique. Au cours de ses études, il a fait des rencontres de la plus grande importance, et nous prions nos compatriotes qui ont jugé sévèrement les travaux de notre confrère de Bordeaux, de lire les appréciations qu'en fait M. Eissen dans son mémoire réimprimé ci-après (p. 302 et 354). Pour son histoire des variations de l'astigmatisme chez les glaucomateux, on a commencé par nier, on dit maintenant que cela a été vu par d'autres et on finira par dire que c'était facile à voir. Il en sera de même pour d'autres parties de l'œuvre de M. Martin. C'est à lui que nous devons l'explication de ce fait inattendu que les degrés faibles d'astigmatisme sont souvent bien plus nuisibles que les degrés élevés.

La constatation de cette circonstance est du plus haut intérêt pratique, car nous savons actuellement qu'il importe, dans bien des cas, de tenir compte des quarts de dioptrie, alors que Donders considérait comme une quantité négligeable un As. de 40 pouces, c'est-à-dire de précisément une dioptrie. Il va sans dire que nous n'endossons pas la responsabilité de toutes les assertions de M. Martin, mais aux détracteurs de ses travaux, nous répondrons que ceux qui n'ont aucune imagination et se cantonnent dans un rôle de spectateurs, ont mauvaise grâce à critiquer les travailleurs.

A la suite des mémoires originaux dont nous venons de parler, nous imprimons, sous le numéro XLV, un travail que M. Tscherning a rédigé exprès et où sont résumées les notions mathématiques sur lesquelles se fondent la construction et l'emploi des ophtalmomètres. — Par ses recherches originales, relatives à la mensuration du cristallin et par sa collaboration à la construction de notre modèle de 1889, M. Tscherning était mieux en mesure que tout autre de traiter la partie mathématique dont il a bien voulu se charger.

Enfin le volume se termine par une notice historique et bibliographique ; c'est la réimpression de l'article **Ophtalmométrie**, rédigé, en 1881, par M. Schiötz, pour le *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, de **Dechambre**.

Tel qu'il est, le présent livre, grâce au nombre et au mérite des auteurs dont il reproduit les recherches, contient tous les éléments nécessaires à qui voudra rédiger un traité d'ophtalmométrie. Les praticiens, plus pressés, nous sauront peut-être gré de le grossir encore en faisant suivre cet avant-propos d'une introduction, qu'il suffira de lire avec soin pour connaître, dans ses grandes lignes, l'état actuel de cette partie de l'ophtalmologie.

La dimension du volume que nous présentons au public témoigne de l'importance et du nombre des recherches ophtalmométriques menées à bonne fin depuis dix ans. Beaucoup a été fait, mais nous pensons que ce qui a été vu est peu de chose par rapport à ce qui reste à découvrir. Si nous avons réussi à faire pénétrer cette conviction dans l'esprit de quelques chercheurs persévérants, nous n'aurons aucun regret d'avoir réuni les matériaux qui serviront de point de départ aux travaux de nos successeurs.

Paris, 1er novembre 1890.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS V

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES XI

INTRODUCTION. — 1. *Description des instruments.* — Ophtalmomètres à glaces parallèles. — Ophtalmomètres à prisme. — Modèle de 1889. — 2. *Instruction pour l'emploi de l'ophtalmomètre.* — 3. *Ophtalmométrie de la cornée.* — Cornée de révolution centrée. — Cornée de révolution décentrée. — Cornée astigmatique centrée. — Cornée astigmatique décentrée. — Cornées irrégulières. — Cornées coniques. — Variations de l'As. cornéen. — 4. *Ophtalmométrie du cristallin.* — 5. *Optométrie.* — Accommodation astigmatique. — Les optomètres. — Emploi de l'atropine. — 6. *Prescription des verres.* — Formules probables. — Vérification par la skiaskopie. — Prescriptions pratiques. — 7. *Résultats de l'ophtalmométrie.* — Fréquence de l'emploi des verres cylindriques. — Rapport entre l'As. et la myopie. — *Conclusion.* XVII

I

J. Gavarret. — Astigmatisme et Ophtalmométrie. Leçon faite à la Faculté de Médecine de Paris, recueillie par le Dr E. Nordenson. (*Revue scientifique*, 15 juillet 1882.) 1

II

Sulzer. — Description de l'ophtalmomètre Javal et Schiötz (modèle de 1889). 15

III

Motais. — Instruction pour l'emploi de l'ophtalmomètre modèle de 1889). 25

IV

Javal. — Un ophtalmomètre. Présentation faite au congrès ophtalmologique international de Milan, 1er septembre 1880 37

V

Javal et Schiötz. — Un ophtalmomètre pratique. (Congrès international de Londres, 1881. *Annales d'oculistique*, juillet-août 1881, t. LXXXVI, p. 5.) 5

VI

Javal. — Contribution à l'ophtalmométrie. — (*Annales d'oculistique*, 1882, t. LXXXVII, p. 213.) 6

VII

Javal. — Deuxième contribution à l'ophtalmométrie (avec des intercalations, p. 52, sur la notation, et p. 65, sur l'exactitude à apporter dans les mensurations.) — *Annales d'oculistique*, juillet-août, 1882, t. LXXXVIII, p. 33.) 7

VIII

Javal. — Troisième contribution à l'ophtalmométrie. Description de quelques images kératoscopiques. — (*Annales d'oculistique*, janvier-février 1883, t. LXXXIX, p. 5.) 6

IX

E. Nordenson. — Recherches ophtalmométriques sur l'astigmatisme de la cornée, chez les écoliers de sept à vingt ans. — (*Annales d'oculistique*, mars-avril 1883, t. XC.) 8

X

Javal. — Quatrième contribution à l'ophtalmométrie (avec addition, p. 130, relative aux rapports entre Asc et Ast.). — (*Annales d'oculistique*, 1883, t. XC, p. 105. 11

XI

Laqueur. — Ophthalmometrische Untersuchungen über Verhältnisse der Hornhautkrümmung im normalen Zustande und unter pathologischen Bedingungen. — (*Ber. über die 15. Versammlung der Ophthalmologischen Gesellschaft im Jahre*, 1883, p. 17.) 13

XII

Javal. — Sur l'ophtalmométrie. Influence de la taille et de la race sur les dimensions de la cornée. — (*Bulletin de la Société d'Anthropologie*, 5 juillet 1883, p. 621. 14

XIII

Javal. — Variations rythmiques de la courbure de la cornée. — (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 18 octobre 1884, p. 581. 14

XIV

Arnaldo Angelucci. — Sulla refrazione e correzione delle cornee coniche ed ectatiche (observations d'As. sur des kératocones). — (*Annali di Oftalmologia*, 1884, anno XIII). 145

XV

Hubert et Prouff. — Kératoscopie, — nouveau kératoscope. — (*Revue clinique d'oculistique*, mai 1884, p. 110.). 167

XVI

Pfalz. — Ophthalmometrische Untersuchungen über Cornealastigmatismus, mit dem Ophthalmometer von Javal und Schiötz, ausgeführt in der Universitäts-Augenklinik zu Königsberg. (Relations entre As c. et le glaucome.) — (*Graefe's Arch. f. Ophtalmologie*, 1885, t. XXXI, 1, p. 201.). 173

XVII

Vacher. — De l'astigmatisme considéré comme une des causes de la cataracte. — (*Bull. de la Soc. Fr. d'ophtalmologie*, 1885, p. 35.). 199

XVIII

Swan M. Burnett. — Ophtalmometry with the ophtalmometer of Javal and Schiötz, with an account of a case of keratoconus. — (Reprinted from the *Archives of ophthalmology*, 1885, vol. XIV, nos. 2 and 3.) 205

XIX

Schiötz. — Ophthalmometrische und optometrische Untersuchung von 969 Augen. — (*Arch. f. Augenheilk.*, 1885, Bd. VI, S. 37.) . . 213

XX

Schiötz. — Ueber die zweckmässigste Weise der Aufzeichnung bei optometrischen Untersuchungen. — (*Arch. f. Augenheilk.*, 1886, Bd. VI, S. 190). 235

XXI

Bourgeois et Tscherning. — Recherches sur les relations qui existent entre la courbure de la cornée, la circonférence de la tête et la taille. — (*Annales d'oculistique*, 1886, t. XCVI, p. 203.). 241

XXII

Javal. — Sur les variétés de l'astigmatisme régulier. — (*Soc. fr. d'ophtalmologie*, 1887, p. 3.). 257

XXIII

Tscherning. — Contribution à l'ophtalmométrie pratique. Emploi de l'objectif fendu. — *Soc. fr. d'ophtalmologie*, 1887, p. 11[illegible] . . 259

XXIV

Parent. — Notation de l'astigmatisme. — *Soc. fr. d'ophtalmologie*, 1887, p. 228.). 261

XXV

Swan M. Burnett. — Keratometry, chapitre extrait de son livre : *A Theoretical and practical Treatise on Astigmatism.* — Saint-Louis, 1887, ch. IX, p. 124). 267

XXVI

Scimemi. — Sull' astigmatismo corneale in seguito ad estrazione di cateratta, osservazioni ottometriche su 146 operati. — Palermo, 10 giugno 1888) 277

XXVII

Samuel Theobald. — Is astigmatism a factor in the causation of glaucoma? — (A paper read before the American ophthalmological Society, Congress of Physicians and Surgeons, Washington, september 19, 1888.) 287

XXVIII

Eissen. — Hornhautkrümmung bei erhöhtem intraocularen Druck. — Inaugural-Dissertation vorgelegt der hohen medicinischen Facultät der Universität Bern. (Étude physiologique des variations de forme de la cornée causées par les variations de la pression intraoculaire.) *Graefe's Archiv*, t. XXXIV 295

XXIX

Javal. — Un perfectionnement à l'ophtalmomètre quadriprisme, triprisme, prisme à réflexion totale. (*Comptes rendus de la Soc. fr. d'ophtalmologie*, 1888, p. 237.) 337

XXX

VII internationaler Ophthalmologen-Congress. — Discussion über Ophthalmometrie JAVAL. DONDERS. DUFOUR. V. HELMHOLTZ. MEYER, BERLIN. PFLÜGER. SAEMISCH et SCHÖN. *August* 1888. 339

XXXI

Swan M. Burnett. — An Analysis of the refraction of 576 healthy human corneæ examined with the ophthalmometer of Javal et

Schiötz. Discussion : Koller, Henry D. Noyes, Samuel Theobald, Alex. Randall, Swan M. Burnett. (*Transactions of the American ophthalmological Society*, 1888.) 373

XXXII

Féré et Vignes. — Note sur la fréquence de l'astigmatisme chez les épileptiques. (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 24 novembre 1888.) 387

XXXIII

Tscherning. — Étude sur la position du cristallin de l'œil humain. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 16 avril 1888.) 389

XXXIV

Tscherning. — Le centrage de l'œil humain. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 11 juin 1888.) 393

XXXV

Leroy. — Recherches sur l'influence exercée par les muscles de l'œil sur la forme normale de la cornée humaine. (*Archives de Physiologie*, 1er janvier 1889.) 395

XXXVI

Scimemi. — Sulla modificazione della curvatura della cornea, in seguito ad estrazione di cateratta; osservazioni oftalmometriche. (*Sicilia medica*, 1889, anno I, fascicolo IX.) 405

XXXVII

G.-J. Bull. — Variations de l'astigmatisme cornéen avec l'âge. — (*Soc. fr. d'Ophtalmologie*, 1889, p. 76.) 431

XXXVIII

Tscherning. — Une nouvelle méthode pour mesurer les rayons de courbure du cristallin. — *Soc. fr. d'Ophtalmologie*, 1890 . . . 433

XXXIX

G.-J. Bull. — Sur l'examen ophtalmométrique et optométrique de 621 yeux astigmatiques. — (*Soc. fr. d'Ophtalmologie*, 1890.) . . 437

XL

H. Draper Speakman. — Description of Javal's new ophthalmometer, model of 1889. — *Archives of Ophthalmology*, vol. XIX, nº 1, 1890.) 441

XLI

Georges Martin. — Études cliniques d'ophtalmométrie. Résumé des nombreux mémoires de M. Martin) 443

XLII

Chibret. — Astigmatisme selon et contre la règle. Résultats comparés de l'examen objectif : kératométrie, skiascopie et de l'examen subjectif. — *Archives d'Ophtalmologie*. 1890.). 502

XLIII

E. Hocquard. — Recherches sur l'anatomie et la physiologie de l'appareil accommodateur 509

XLIV

Pflüger. — Einige Resultate klinischer Ophtalmometrie.. 559
Javal. — Observations suggérées par le Mémoire de M. Pflüger.. 566

XLV

Tscherning. — Théorie mathématique de l'ophtalmométrie de la cornée :

1. *Des images réfléchies par la cornée sphérique.* — Théorie élémentaire des miroirs convexes sphériques. — Parties utilisées de la cornée. Forme des images dans l'espace.
2. *Du dédoublement.* — Méthodes de dédoublement. — Calcul de l'angle du prisme birefringent.
3. *La lunette de l'ophtalmomètre.* — L'objectif. — L'oculaire. — Manière de construire les images.
4. *Relations entre le rayon de courbure de la cornée et la réfraction cornéenne mesurée en dioptries. Réglage de l'instrument. Degré d'exactitude des mesures.*
5. *Application à la cornée astigmate.* — Quelques points de la théorie de courbure des surfaces. — Réflexion sur une surface sphérique (Incidence oblique). — Réflexion sur une surface astigmate (Incidence oblique). — Images formées par réflexion sur une surface astigmate. — Dénivellation. — Mesure de l'astigmatisme.
6. *Conséquences à tirer des mesures ophtalmométriques.* — Aberration de sphéricité d'une surface réfringente. — Aberration de sphéricité de l'œil. — Influence de l'aberration de sphéricité sur l'astigmatisme. Les mesures ophtalmométriques concordent-elles avec la vraie réfraction cornéenne? — Comment l'aberration de sphéricité peut faire croire à un spasme accommodatif 573

XLVI

Schiötz. — Historique et bibliographie.. 619

INTRODUCTION

1. *Description des instruments.* — Ophtalmomètres à glaces parallèles. — Ophtalmomètres à prismes. — Modèle de 1889.

2. *Instruction pour l'emploi de l'ophtalmomètre.*

3. *Ophtalmométrie de la cornée.* — Cornée de révolution centrée. — Cornée de révolution décentrée. — Cornée astigmatique centrée. — Cornée astigmatique décentrée. — Cornées irrégulières. — Cornées coniques. — Variations de l'As. cornéen.

4. *Ophtalmométrie du cristallin.*

5. *Optométrie.* — Accommodation astigmatique. — Les optomètres. — Emploi de l'atropine.

6. *Prescription des verres.* — Formules probables. — Vérification par la skiaskopie. — Prescriptions pratiques.

7. *Résultats de l'ophtalmométrie.* — Fréquence de l'emploi des verres cylindriques. — Rapports entre l'As. et la myopie.

Les praticiens qui veulent acquérir des notions d'ophtalmométrie clinique pourront se contenter de lire la présente introduction en passant les parties imprimées en caractères plus petits, plus particulièrement écrites à l'usage des personnes désireuses de faire des travaux originaux; mais ils devront se reporter aux mémoires toutes les fois que l'indication en sera donnée par un renvoi.

Peut-être la disposition que nous avons adoptée donnera-t-elle à quelque confrère l'idée de faire ce que nous n'avons pas eu le loisir d'entreprendre et de rédi-

ger le manuel d'ophtalmométrie dont nous allons tracer le plan.

§ 1er. — Description des instruments.

Ophtalmomètres à glaces parallèles. — Partageant le sort de tous les instruments qui ont marqué un progrès dans la science, l'ophtalmomètre de Helmholtz, tel qu'il a été construit par Meyerstein, reste un monument historique. Si, cependant, par exemple pour étudier les cornées d'animaux, quelqu'un voulait se servir d'un appareil à dédoublement variable, il faudrait recourir à un type analogue à celui que nous avons présenté au Congrès de Milan en 1880 (voy. p. 37), qu'il serait facile de perfectionner en substituant aux becs de gaz de petites lampes à incandescence ou des mires éclairées par transparence.

Tous les ophtalmomètres où les signaux sont constitués par de petites sources lumineuses présentent cet inconvénient de ne donner de renseignement que pour les éléments très petits de la cornée qui reflètent les images. Les résultats obtenus sont donc faussés par les moindres irrégularités locales de la surface à étudier; ces appareils doivent donc être abandonnés, sauf dans des cas tout à fait particuliers.

Les instruments où l'on observe à grande distance (Helmholtz et notre type de 1880) présentent l'avantage de continuer à fonctionner quand l'œil observé se déplace légèrement dans le sens longitudinal. Il faudra donc y revenir quand on voudra ophtalmométrer des cornées d'animaux dont on ne pourra pas immobiliser parfaitement la tête.

Pendant l'année où il a rempli les fonctions de directeur adjoint de notre laboratoire, M. Raphaël Dubois a commencé, avec la collaboration de M. Lütz, opticien, la construction d'un instrument qu'il a terminé avec le concours de notre ami C.-J.-A. Leroy. Décrit plus loin (p. 394), il est représenté par la figure 98 (p. 397). Les glaces de cet appareil étant calées, on perd le bénéfice du dédoublement variable; de plus, le moindre changement de mise au point fait varier la dénivellation, ce qui rend difficile la recherche des méridiens principaux. Enfin, l'emploi d'une règle droite pour porter les mires oblige à faire usage de tables de transformation quand on change le dédoublement.

L'ophtalmomètre Javal et Schiötz, construit à Utrecht par Kagenaar, est la reproduction exacte de notre modèle de 1881, avec cette seule différence que le prisme biréfringent est remplacé par deux prismes en crown inclinés à 135° et dont la ligne de séparation est perpendiculaire au plan de l'arc (fig. 128, p. 582). Cette disposition échappe au reproche que nous venons de faire à l'instrument de Dubois et Leroy, car la dénivellation reste parfaitement observable. On peut reprocher au dispositif de Kagenaar de présenter, dans une certaine mesure, l'inconvénient des instruments à biprisme, qui est de diminuer la précision des mesures de rayon de courbure pour les observateurs qui ne savent pas relâcher en plein leur accommodation. Sauf ce seul défaut, l'appareil peut rivaliser avec ceux construits autrefois par Laurent. Il n'a pas bénéficié des améliorations introduites dans la construction du type de 1889. Mais aussi est-il moins encombrant.

Ophtalmomètres à prismes. — Dans les instruments qu'il a livrés après le n° 45, M. Laurent avait remplacé le prisme de Wollaston par un biprisme en crown. Nous avons dû revenir au prisme biréfringent pour assurer l'exactitude des mensurations de rayon de courbure malgré les petits déplacements de l'œil observé. C'est pour ce même motif que nous avons renoncé à l'emploi de l'objectif fendu (p. 259) et que nous avons fait des tentatives avec un triprisme (p. 357).

Ophtalmomètre Javal et Schiötz. — Voir la description sommaire par M. Gavarret (p. 8) et celle, plus détaillée, en anglais, par M. Swan M. Burnett (p. 268). Voir également p. 39, en français, et p. 359, en allemand, l'énumération des avantages de cet instrument. Pour la théorie, voir p. 49 et surtout le mémoire de M. Tscherning (p. 573).

Ophtalmomètres Wecker, Prouff, Gullstrand, etc. — Depuis 1881, divers auteurs ont construit des ophtalmomètres. Je parle plus loin de celui de M. de Wecker (p. 116), je reproduis le mémoire de MM. Hubert et Prouff (p. 167). Il ne reste qu'à dire un mot de la très ingénieuse idée qu'a eue M. Gullstrand de mesurer l'As. par la dénivellation. Son instrument, qui est d'un prix modéré, est à recommander à qui voudra mesurer rapidement, mais sans grande exactitude, l'astigmatisme d'un très grand nombre de sujets.

Ophtalmomètre Javal et Schiötz, modèle de 1889, *construit par Goubeaux.* — Cet appareil, qui nous sert actuellement, est décrit plus loin en détail dans un article spécial rédigé par M. Sulzer (p. 15) et plus brièvement, en anglais, par M. Speakmann (p. 440). Les figures 13 et 15 (p. 16 et p. 20) doivent être modifiées en ce sens que l'instrument se construit actuellement sans pente.

Jusqu'au n° 125, M. Goubeaux a livré des instruments inclinés, ce qui a été fait pour que, dans la position verticale de l'arc, la mire rectangulaire ne fût pas moins éclairée que la mire à gradins, inconvénient sérieux qui nuit à l'emploi des types Laurent et Kagenaar. A partir du n° 126 nous avons eu l'idée de faire construire de petits réflecteurs en plaqué d'argent. Le réflecteur, par son talon, se fixe dans le cadre de la mire rectangulaire et renvoie sur cette mire la lumière du ciel quand l'arc est situé verticalement. Ce petit artifice a permis de supprimer la pente dont nos confrères étaient unanimes à se plaindre.

La graduation du porte-oculaire est perfectionnée depuis le n° 150. Chaque division correspond exactement à un déplacement d'un millimètre et le constructeur se sert d'un collimateur qui permet de régler exactement le zéro pour l'œil emmétrope. De plus, chaque division répond à environ 3 dioptries d'amétropie de l'observateur. On peut donc avancer l'oculaire jusqu'à la position convenant à un myope de 15 dioptries et le sortir d'autant. Ce second mouvement a été fait aussi ample pour permettre de mesurer les positions respectives de l'image cornéenne, de l'iris et de la cornée, étant entendu que ces mesures sont très peu précises. — La force de l'oculaire est de 56 dioptries environ.

Pour éviter les reflets sur l'œil observé, la planchette a été noircie et nous recommandons de mettre un rideau opaque pour couvrir le bas des carreaux de la fenêtre à laquelle le sujet observé est adossé. Ce rideau doit monter jusqu'à environ $1^m,50$ au-dessus du parquet. Il protège l'objectif contre la lumière latérale et empêche le disque de refléter cette lumière sur l'œil observé, ce qui ferait contracter la pupille et aurait pour effet de rendre bien moins visibles les mires qui doivent se peindre sur le fond noir de la pupille et non sur l'iris.

Pour cette même raison, depuis le n° 125, les disques lithographiés sont plus noirs.

Egalement jusqu'au n° 125, l'objectif postérieur du type de 1889 était de foyer plus court que l'antérieur pour permettre de manœuvrer les mires au moyen de tiges : depuis, nous avons percé le disque pour permettre de passer les mains et repris même longueur focale pour les deux objectifs.

Enfin, au moment même de mettre sous presse, nous mettons la dernière main à un œil artificiel métallique dont nous recommandons vivement l'emploi à qui voudra exercer des élèves à l'emploi de l'ophtalmomètre. Cet œil astigmate, fabriqué par des moyens mécaniques, constitue une pièce supplémentaire.

On peut également se procurer, comme pièce supplémentaire, un objectif de rechange à foyer plus court qui permet de travailler avec un plus fort grossissement et un dédoublement moindre : cette adjonction est nécessaire pour qui voudra faire des mesures très précises de rayon de courbure de la cornée : c'est en vue de cette adjonction que les tablettes portent une seconde rainure et une seconde paire de plaquettes.

§ 2. — Instruction pour l'emploi de l'ophtalmomètre.

A l'excellente instruction rédigée par M. Motais (p. 25), ajoutons quelques détails, devenus nécessaires depuis l'époque où il écrivait.

La difficulté de trouver l'œil, sur laquelle il insiste, est singulièrement diminuée avec les appareils sans pente, les seuls qui se fabriquent actuellement.

A mesure que nous employons davantage le modèle de 1889, nous sommes amené à mettre plus de précision dans la recherche des méridiens et à employer la notation du type 15° (18°) $\pm$ 4 indiquée plus loin (pp. 54 et 55), car les yeux où les méridiens principaux ne sont pas perpendiculaires deviennent de plus en plus nombreux à mesure qu'on observe mieux.

Il est *très important* de s'assurer, au moyen de la fente du disque, de la parfaite horizontalité de la ligne des yeux de l'observé. Si l'on avait oublié de prendre cette précaution, on en serait aussitôt prévenu par ce fait qu'après déplacement latéral, on ne verrait pas immédiatement le second œil dans le champ de l'instrument qui vient de servir à observer le premier.

Quand on observe les parties périphériques de la cornée, il faut noter les positions du regard d'après les indications données § D, pp. 131 et 132.

Une bonne précaution est de dilater les pupilles des yeux à observer, pour que les mires se détachent sur le fond noir de la pupille. Une goutte de cocaïne 4 0/0 est suffisante à cet effet.

§ 3. — Ophtalmométrie de la cornée.

Dans la partie mathématique qui termine ce volume, on verra que l'ophtalmomètre ne donne le rayon de courbure de la cornée avec une précision parfaite que dans le cas où cette membrane affecte une forme sphérique. Or ce cas ne se présente guère, car on sait, depuis J.-L. Petit, que la courbure de la cornée est plus prononcée au centre qu'à la périphérie, cette membrane présentant une forme plus ou moins analogue à celle de la pointe d'un œuf. Nous admettrons d'abord que l'axe de cette figure ovoïde coïncide avec la ligne de regard, ce qui s'exprime en disant que la cornée est centrée.

Ophtalmométrie de la cornée de révolution centrée. — Quand la cornée de révolution est centrée, en d'autres termes quand l'angle α est nul, l'ophtalmomètre donne le rayon d'une sphère tangente à la cornée suivant un cercle et le rayon de cette sphère est d'autant plus grand qu'on opère avec un prisme plus fortement dédoublant. Au début de nos recherches, nous pensions qu'il y avait là une grosse cause d'erreur, et pendant plusieurs mois nous avons mesuré toutes les cornées que nous examinions en employant successivement une série de prismes dédoublant respectivement 1 millimètre, 2 millimètres, 3 millimètres et 4 millimètres. Les différences entre ces quatre mesures étant peu appréciables, nous nous bornâmes bientôt à l'emploi de deux prismes, dédoublant respectivement $1^{mm},5$ et 3 millimètres et finalement la plupart des observateurs ont été conduits à employer exclusivement le prisme 3.

Par économie, dans le modèle de 1889, au lieu de substituer un prisme faible au prisme 3, il suffit de remplacer l'objectif antérieur par un objectif plus fort ; on transporte alors l'appareil tout entier en avant et on a cet avantage d'avoir à la fois plus de lumière et plus de grossissement quand on veut faire des mesures de rayon de courbure avec un dédoublement de moitié, qui convient pour les recherches théoriques dont il est ici question.

Les comparaisons de ces mesures centrales à dédoublements différents et aussi les mesures faites à faible dédoublement pour les directions obliques du regard permettront à qui voudra s'en donner la peine d'étudier la forme de la cornée dans les parties autres que le sommet, et, par conséquent, de voir si elle possède ou non une action aplanétisante. — Il va sans dire qu'au moyen de la célèbre expérience des quatre trous de Volkmann on contrôlera subjectivement les résultats ainsi obtenus et qu'on pourra faire la part du cristallin dans l'aplanétisation de l'œil. Tout ceci est exposé en détail dans le mémoire de M. Tscherning (p. 611).

Dans son mémoire reproduit plus loin, M. Angelucci a déjà cru remarquer que certains yeux affectés de kératocone avaient une acuité meilleure pour les objets voisins que pour les objets lointains. Cette remarque devra être présente à l'esprit de qui voudra faire une étude sur l'aplanétisme de l'œil. Supposons en effet que dans les yeux bien conformés, l'aplanétisme des parties centrales de la cornée convienne pour les objets voisins, cela pourrait expliquer pourquoi la pupille se contracte quand on regarde de près. Il est facile, en négligeant d'abord le cristallin, de calculer la forme que doit avoir la cornée pour être aplanétique à différentes distances, et il est possible, comme l'a déjà fait M. Poullain, de rendre l'œil subjectivement aplanétique au moyen de ménisques.

Le premier fait qui frappe quand on mesure coup sur coup un grand nombre d'yeux, — dans une école, par exemple, — c'est la remarquable égalité des cornées des deux yeux d'un même individu. Point n'est besoin de faire de statistique pour s'en apercevoir. Quand on a établi le contact des mires pour un œil, il est de règle que ce contact se retrouve en observant l'autre œil du même sujet. Comme M. Swan M. Burnett l'a remarqué le premier (p. 206, note 2) cela reste généralement vrai malgré la plus forte anisométropie. Toutes les fois qu'on trouvera une différence notable entre la réfraction des deux cornées d'une personne, il faudra chercher la cause de cette rare anomalie.

Nous ne connaissons pas encore la relation entre le rayon de courbure de la cornée et les amétropies sphériques (voy. XII, p. 143). Nous ignorons, par exemple, s'il existe souvent une myopie de courbure. Un premier pas dans cette étude a été fait par MM. Bourgeois et Tscherning (mémoire XXI, p. 241), qui ont cherché à établir une relation entre la dimension de la cornée et celle de l'homme. Le plan primitif de leur travail consistait à comparer les cornées d'hommes de grande taille et d'hommes de petite taille. Au cours de leurs mensurations sur les hommes de grande taille, ils se sont aperçus que la dimension de la tête jouait un rôle prépondérant. Mais ils se sont bornés à mesurer le tour de tête. De plus, n'opérant que sur des cuirassiers, ils n'ont pas eu de très petites têtes à leur disposition. Je pense que leur travail est à reprendre et qu'au lieu de mesurer le tour de tête, il faudra noter d'autres dimensions, de préférence l'écartement des yeux et le diamètre antéro-postérieur du crâne. Une statistique de ce genre pourra servir de point de départ pour rechercher, à égalité des autres dimensions crâniennes, s'il existe quelque relation entre la réfraction et le rayon de courbure de la cornée.

Dans un autre ordre d'idées, il faudra reprendre les chiffres de Nordenson (p. 106) pour établir avec plus de précision l'âge où le rayon de la cornée cesse de croître et rechercher aussi les variations que ce rayon peut subir chez l'adulte.

Cornée de révolution décentrée. — Angle. — On vient de voir qu'en général, la cornée humaine n'est pas centrée; on sait depuis longtemps que son axe est situé légèrement en dehors et en haut par rapport à la ligne visuelle, ce qui donne aux yeux normaux l'apparence d'un léger strabisme divergent et ascendant. Sans préciser davantage, nous nommerons α l'angle dont l'axe de la cornée s'éloigne de la ligne visuelle.

Quand l'angle α ne dépasse pas quelques degrés, surtout si la forme de la cornée ne s'éloigne pas beaucoup de la sphérique, les mesures ophtalmométriques n'en sont guère affectées. Mais si l'œil est fortement décentré, le disque kératoscopique se peint, pour la position centrale du regard, sous l'aspect d'une des images latérales de la figure 23 (p. 68) et la réfraction cornéenne devient astigmatique *sans qu'il soit permis de dire que la cornée est astigmatique*. Cet astigmatisme par décentration se

reconnaît à ce caractère que, dans le méridien de moindre courbure, les mires donnent des images de grandeur inégale. Cette inégalité de grandeur est surtout sensible dans le plan de dédoublement et se reconnaît aisément au moyen d'une paire de mires rectangulaires situées à égale distance de part et d'autre de la lunette et placées l'une au-dessous et l'autre au-dessus du plan de dédoublement.

Pour *centrer* une cornée de révolution, on peut commencer par tourner l'arc de l'ophtalmomètre jusqu'à ce qu'on soit dans le méridien de plus grand rayon de courbure ; à ce moment, il n'y a plus de dénivellation, et il reste à faire mouvoir l'œil dans le plan de dédoublement jusqu'à ce que le rayon de courbure soit minimum, ou, ce qui est plus facile à observer, jusqu'à ce que les mires rectangulaires soient de même grandeur.

Jusqu'ici, la plupart des observateurs n'ont pas tenu suffisamment compte de la décentration. Il faut *toujours* regarder si, dans les positions sans dénivellation, les mires sont d'égale grandeur *ou* jeter un coup d'œil sur l'intersection de l'image de la couronne du disque kératoscopique avec l'image de l'objectif et s'assurer si, dans les deux images, produites par le dédoublement, ces intersections sont pareilles.

Toute cette étude de la décentration est à faire en observant dans une école ou dans un régiment un grand nombre d'yeux aussi réguliers que possible. On trouvera probablement des relations entre la décentration de l'axe optique de la cornée et la position de la pupille par rapport à la ligne visuelle. Avant de bien préciser la marche à suivre pour étudier les petites décentrations, qui existent dans tous les yeux, on devra soumettre à un examen prolongé quelques yeux de soldats ou d'écoliers chez lesquels, au cours de la recherche que je viens de recommander, on aura reconnu une forte décentration sans astigmatisme au sommet. Pour ces études, le grand disque kératoscopique des ophtalmomètres modèle de 1889 donnera une très grande facilité, d'une part en permettant de faire diriger aisément l'œil observé vers des points dont il lit lui-même les coordonnées sur le disque, et d'autre part parce que l'on reconnaît avec la plus grande facilité les positions du regard pour lesquelles le bord

externe de la couronne blanche du disque est réfléchi par la ligne de jonction de la cornée et de la sclérotique. Pour chaque méridien, on sera près d'avoir le sommet optique de la cornée en prenant la moyenne entre les deux positions du regard pour lesquelles l'image de la couronne du disque commence à se déformer quand le regard de l'observé se déplace dans ce méridien.

Cornée astigmatique centrée. — Presque toutes les mensurations ophtalmométriques ont été faites jusqu'ici dans l'hypothèse qu'on examinait une cornée centrée. C'est ce que nous avons admis dans notre communication de 1881, et en réalité, dans la plupart des cas, l'erreur commise en agissant ainsi est peu importante. Dans ce cas, les images des deux mires sont de même grandeur et leurs bords sont parallèles ; de plus, elles deviennent rectangulaires quand on est dans les méridiens principaux, si bien que la recherche de ces méridiens se fait sans difficulté par la dénivellation.

Nous allons passer en revue les résultats obtenus depuis dix ans par les observateurs qui ont pratiqué l'ophtalmométrie de l'As. de la cornée sans tenir compte de la décentration.

On trouvera dans ce volume les statistiques ophtalmométriques de MM. Nordenson, Schiötz, Laqueur, Pfalz, Swan M. Burnett, Bull et Pflüger. De plus, on pourra se référer aux observations faites par plusieurs confrères sur ce sujet au congrès de Heidelberg (p. 359) et au sein de la Société ophtalmologique américaine (p. 381). Enfin j'ai mis à profit les communications verbales de M. Chibret et de M. Parent et les observations que j'ai faites moi-même sur plus de deux mille consultants de ma clientèle particulière. Toutes ces sources d'informations réunies me permettent de dire qu'en somme les choses se présentent comme l'a exposé M. Pflüger, cette année, au congrès de Berlin (p. 559).

Mais il faut bien se pénétrer de ce fait, qu'en examinant des consultants, on finit par oublier l'état physiologique,

et pour ce motif je ne saurais trop recommander la lecture attentive des statistiques de Nordenson et de Schiötz. J'ai assisté aux mensurations faites par Nordenson à l'École alsacienne et j'ai fait moi-même l'examen de tous les yeux des élèves de l'École Monge ; il me faut cependant un effort d'attention, dans mon cabinet, pour me remémorer l'état physiologique auquel nous devons comparer celui des yeux des consultants.

Par la statistique de Schiötz, nous savons, depuis 1886, que l'As. cornéen de la plupart des yeux se groupe autour de la valeur 0 ± 0.5, ainsi qu'on le voit sur les figures 47, 48 et 49 de la page 217. *C'est un fait d'une importance tout à fait capitale* et sur lequel nous aurons à nous appuyer souvent par la suite. L'*œil normal* possède un As. cornéen direct d'environ $\pm$ 0,5 d'après le chiffre de Schiötz et je pense que des recherches plus exactes encore et faites pour étudier ce point spécial conduiront à un chiffre un peu plus élevé, voisin de $0 \pm 0{,}75$.

On sait depuis longtemps, pour l'As. total, — et il en est de même pour l'As. cornéen, — que le défaut est souvent placé symétriquement dans les deux yeux (cela a même conduit certains confrères à construire des lunettes d'essai à graduation symétrique, idée dont les inconvénients ont été exposés par Schiötz (p. 235) et par Parent (p. 261) et qui n'est guère appliquée qu'en Allemagne). A cette notion de symétrie, il faut ajouter cette autre qu'à mesure qu'on détermine plus exactement la position des méridiens, le nombre des yeux exactement symétriques diminue. Toutes les fois qu'on a mesuré les deux cornées d'un sujet, il faut donc s'assurer s'il y a symétrie *en vérifiant si le total des deux angles est égal à 180*, mais ne pas s'émouvoir si la symétrie n'est pas exacte. Il faut, sur ce point, avoir présente à l'esprit la remarque si exacte de Pfalz (p. 181) d'après laquelle la symétrie est d'autant moins exacte que la *valeur* de l'astigmatisme des deux yeux s'écarte plus de l'égalité.

D'après la statistique de Pflüger, qui est à la fois la plus récente et celle qui porte sur le plus grand nombre, mais qui est influencée par ce fait qu'elle se compose de consultants, l'As. cornéen inverse est plus fréquent qu'on ne l'admet généralement. Sur ce point spécial, il est utile de lire tout le travail de M. Pflüger et de parcourir les observations dont je l'ai fait suivre et le tableau de la page 570.

Enfin, — tout comme les cornées des yeux de révolution d'une même personne sont égales, — quand chez une même personne, les deux yeux ont le même degré d'astigmatisme, les méridiens de plus grande et de plus petite courbure de ces deux yeux sont égaux chacun à chacun; quand, au contraire, les yeux ont des degrés différents d'As., les choses se passent comme il est dit plus loin (p. 129 et 130), étant bien entendu que dans cette explication, les billes de caoutchouc figurent *pour faciliter la mémoire* et non pas comme concordant avec la réalité des faits.

De cette observation il résulte que, par exemple, lorsqu'après avoir ophtalmométré la cornée de l'œil gauche d'une personne, on est obligé d'écarter la mire à gradins pour obtenir le premier contact en visant l'œil droit, on doit s'attendre à trouver l'As. de cet œil plus fort que celui de l'œil gauche, etc.

Tout ce qui précède est utile à connaître, car le praticien le plus rompu aux observations ophtalmométriques, se sent bien plus en sécurité quand il connaît les relations qui existent habituellement entre les cornées des deux yeux. En effet, quand on trouve pour les angles ou les valeurs des chiffres qui ne concordent pas avec ces relations, on recommence les mesures avec un redoublement d'attention.

Cornées astigmatiques décentrées. — Quand on se met à faire de l'ophtalmométrie, on ne tarde pas à rencontrer des yeux pour lesquels la recherche des méridiens principaux par la dénivellation est impossible. Quand les lignes

de foi des deux mires sont amenées à coïncidence, les mires sont déformées d'une manière particulière qui participe de la déformation produite par le décentrage des yeux de révolution. J'ai décrit pour la première fois ces yeux en 1882 (voyez p. 79) et j'appelle tout particulièrement l'attention sur la courbure des images des diamètres du disque, représentée sur l'image D de la figure 36 (p. 128). Quand on rencontre des cas de ce genre, il va sans dire que la mesure ophtalmométrique de l'astigmatisme cornéen, telle que nous la pratiquons habituellement, est sans valeur.

Mais si ces cas de forte décentration sont exceptionnels, il n'en reste pas moins probable que la plupart des yeux sont légèrement décentrés et qu'il faudrait savoir reconnaître rapidement ce qui en est et en tenir compte dans la pratique quotidienne.

M. Sulzer ayant entrepris l'étude de l'ophtalmométrie des yeux décentrés, il ne convient pas de défloror ici son travail en donnant les résultats déjà obtenus. Je me borne à renvoyer à ce qu'ont dit sur ce sujet M. Henry D. Noyes (p. 382) et Koller (p. 384) dans la discussion si remarquable qui a eu lieu en 1888 au sein de la Société américaine d'ophtalmologie, à la suite d'une communication de M. Swan M. Burnett.

Cornées irrégulières. — Dans ma *troisième contribution* (voy. p. 67) j'ai donné sur les cornées irrégulières des notions qui n'ont guère été complétées depuis que par les travaux de M. Scimemi (voy. p. 277 et 405) et encore notre distingué confrère italien s'est-il confiné dans l'étude des irrégularités post-opératoires.

Dès 1866, dans la première édition des *Études ophtalmologiques* de Wecker, je signalais l'As. des opérés de cataracte, qui a été si souvent observé depuis. Je reproduis ici ce que je disais à cette époque :

« Le tableau ci-contre représente la réfraction de douze « yeux opérés de cataracte. Ces yeux ont été pris absolu- « ment au hasard parmi ceux des opérés qui répondaient « avec une exactitude suffisante et que nous avons examinés « plusieurs semaines et, ordinairement, plusieurs mois

lucci en a étudié quelques-uns avec plus de détail (p. 145) et a été suivi de près par Swan M. Burnett (p. 207). Tous sont d'accord pour remarquer la fréquence, dans le kératocone, d'un degré d'As. cornéen considérable, à tel point que ce défaut passait souvent inaperçu, précisément parce qu'on n'avait pas l'idée d'essayer des cylindres de 5 ou 6 dioptries. Le service rendu par l'ophtalmométrie aux personnes affectées de cornée conique est donc parfois considérable.

Signalons encore les variations de forme rythmiques de certains kératocones (p. 144 et p. 364), vues également par M. Henry D. Noyes (p. 383), contestées par M. Meyer (p. 365), dont l'étude paraît devoir être reprise.

Variations de l'astigmatisme cornéen. — Depuis la célèbre observation d'Airy, depuis celle que j'ai publiée ailleurs du peintre Cassas, nous étions tous d'accord pour considérer l'As. total de l'œil comme une quantité invariable. Les travaux de M. Dobrowolski et mon auto-observation, en faisant admettre des variations possibles de l'As. cristallinien, n'avaient pas ébranlé notre foi dans la fixité de l'As. cornéen quand M. Bull (p. 431) observa chez une de mes malades une augmentation incontestable d'As. cornéen. Les variations de ce genre sont nombreuses et il faut en chercher la preuve dans l'important travail de M. Pflüger (p. 559).

Quand, en 1882, j'entretins la Société française d'ophtalmologie d'un cas de variation d'As. cornéen (voy. p. 75), ma communication fut accueillie très ironiquement, tout comme on a beaucoup ri, depuis, des variations d'As. cornéen constatées par M. G. Martin chez les glaucomateux. Malheureusement les rieurs ont eu tort, et depuis le dernier mémoire de P. Pflüger, on est bien forcé de renoncer à la douce quiétude avec laquelle on considérait comme acquis pour la vie les résultats de la mesure subjective, ou tout au moins ceux de la mesure objective de l'astigmatisme.

§ 4. — Ophtalmométrie du cristallin.

Il est clair que l'optique de l'œil aura fait un pas immense quand on saura faire l'ophtalmométrie du cristallin avec une exactitude suffisante. C'est un espoir qui ne nous est pas interdit, car la différence de densité entre le cristallin et les milieux qui l'entourent étant beaucoup moindre que la différence entre la cornée et l'air, il en résulte que la réfraction produite par le cristallin est environ quatre fois moindre que celle produite par la cornée; et par conséquent, il suffit de connaître l'optique du cristallin quatre fois moins exactement que celle de la cornée. Le même degré de déformation qui, siégeant sur la cornée, produirait plus de 4 dioptries d'As., n'en produira pas une entière, si son action porte sur le cristallin. De là résulte aussi que la position de l'As. total doit être bien plus fortement influencée par l'As. cornéen que par le cristallinien, pour peu que l'As. cornéen soit considérable. — La situation de l'As. total ne peut être très différente de celle de l'As. cornéen que dans les cas où ce dernier est faible.

Nos idées sur le rôle respectif de la cornée et du cristallin dans la production de l'As. total ont été complètement faussées par la généralisation qu'on a faite d'observations exactes de Th. Young et de Donders. Pendant quatre-vingts ans, personne ne s'est affranchi du souvenir de l'observation de Th. Young, d'après laquelle l'As. de cet observateur éminent siégeait exclusivement dans le cristallin et mesurait 1.75 D. Nous avons actuellement le droit d'affirmer que Th. Young se trouvait dans le cas exceptionnel d'As. cornéen inverse très faible, accompagné, comme cela est général dans ce cas, d'As. cristallinien inverse également. Nous savons aujourd'hui que, dans ce cas, l'As. cristallinien acquiert une importance exceptionnelle, le chiffre de 1.75 étant cependant supérieur à ce qu'on trouve habituellement.

Le plan des recherches ophtalmométriques que j'avais commencées en 1878 était le suivant :

1° Mesurer l'As. c. avec l'ophtalmomètre.

2° Mesurer l'As. total, subjectivement.

3° Mesurer l'As. cristall. subjectivement, sous l'eau.

4° Mesurer l'As. cristallinien avec l'ophtalmomètre muni de lampes électriques.

Provisoirement, j'avais renoncé au 4°, qui présente des difficultés particulières.

Tout au moins quand les méridiens principaux de la cornée et du cristallin coïncident, on pouvait, pour commencer, se contenter des trois premières mesures; pour vérifier leur exactitude, on n'avait qu'à s'assurer si les trois chiffres obtenus remplissaient les conditions As.t. = As.c. + As.l. C'est ce qui s'est produit avec une exactitude tout à fait inespérée. A titre d'exemple, transcrivons ici les chiffres obtenus en 1880 par M. Schiötz pour cinq personnes :

	Age.	Œil.	AS. TOTAL		AS. CORNÉEN		AS. CRIST.		ERREUR
			Angle.	Valeur.	Angle.	Valeur.	Angle.	Valeur.	
Legendre	49	G	10	7	10	6.3	0	1	0.3
		D	10	7.5	10	6.25	0	1.25	0
Blix.....	30?	G		0	0	0.4	90	0.5	0.1
		D	0	1	0	1.3		0	0.3
Schiötz	30	G	170	0.75	0	1.6	90	0.75	0.1
		D	10	0.75	0	1.7	98	0.75	0.2
Sundberg.....		G		0	0	0.6	90	0.5	0.1
		D		0	0	0.6		0	0.6
Alphandari.....	22	G	10	1.5	163	2.3	90	1	0.2
		D*	0	1.5	30	1	103	1	1.5*

* Pour cet œil, suivant les procédés employés, As.t. varie entre 0 et 2. Cornée très irrégulière.

On remarquera que, parmi ces dix yeux, l'As. cristallinien

n'a été direct que chez M. Legendre, dont nous avons cité le cas en 1881 (voy. p. 42), et qu'en général le cristallin présentait un As. inverse d'environ 0.75. Les résultats de ces mensurations ont été présentés par M. Schiötz dès 1880 (voy. p. 36) et il est tout à fait incroyable que d'autres observateurs n'aient pas continué les mensurations dans cette voie, que nous leur avons signalée.

Depuis cette époque, les recherches ophtalmométriques faites par M. Tscherning (voy. p. 389, 393 et 433) nous font espérer la réalisation complète du programme ci-dessus.

Pour que des recherches de ce genre atteignent le degré de précision désirable, un certain nombre de précautions sont nécessaires.

1° Pour la mesure de l'As. cornéen, il ne faut pas se servir des gradins, qui sont un moyen d'accélérer les mensurations au détriment de la précision. Il faut, en prenant le plus grand soin dans la mise au point, mesurer les deux méridiens, ce qui peut se faire avec une exactitude voisine d'un dixième de dioptrie (non pas en valeur absolue, mais en valeur relative, ce qui suffit, les erreurs absolues, qui sont de même sens, disparaissant quand on obtient l'As. par soustraction). — Pour éliminer l'erreur possible causée par la décentration de l'œil, ne pas se contenter de mouvoir la mire à gradins, mais après une première mesure approximative, déplacer la mire rectangulaire pour qu'au moment de la mesure définitive les deux mires soient à peu près à égale distance de la lunette.

2° Pour la mesure de l'As. subjectif, il faut se servir de notre cadran horaire et du dernier modèle de notre optomètre, où, pour les cylindres faibles, les verres se suivent à intervalles d'un quart de dioptrie. Après avoir obtenu la mesure au moyen du cadran, *un peu au-delà du punctum remotum*, s'assurer par une épreuve d'acuité visuelle de l'exactitude du résultat obtenu. Avoir bien soin d'opérer avec un éclairage modéré (inférieur à vingt-cinq bougies) qui donne bien plus de précision aux réponses et qui provoque une certaine dilatation de la pupille, ce qui permet une comparaison plus légitime avec les résultats de l'ophtalmométrie pratiquée avec le prisme fort.

3° Pour l'examen de l'œil sous l'eau, employer de l'eau tiédie à 37 degrés et contenant un peu de sel marin. Dans ces conditions, avec une cocotte bordée de gutta-percha qu'on ramollit pour prendre la forme de l'orbite, on a très largement le temps de prendre la mesure subjective de l'As. cristallinien, en procédant comme il a été dit pour l'As. total.

4° Pour l'ophtalmométrie du cristallin, rien n'empêchera de faire

une première mesure sans paralyser l'accommodation et me seconde après emploi répété de fortes doses d'atropine. Peut-être alors M. Tscherning constatera-t-il ainsi *de visu* l'existence d'un As. cristallinien accommodatif, qu'il révoque en doute actuellement (p. 616). Pour cette constatation, l'As. cornéen, qui rend difficile l'ophtalmométrie *absolue* du cristallin, ne sera pas un obstacle, puisqu'il affectera également les deux mensurations successives.

§ 5. — Optométrie.

Il nous est impossible d'indiquer les précautions à prendre pour faire de l'optométrie exacte sans exposer nos idées sur l'accommodation astigmatique, car, en faisant de l'optométrie, nous consacrons tous nos efforts à rechercher l'As. total.

Accommodation astigmatique. — Nous pensons que, dans un certain nombre d'yeux, mais *exclusivement chez des personnes qui font usage de leur accommodation sphérique*, il existe une accommodation astigmatique compensatrice de l'As. cornéen.

Nous n'avons rencontré cette accommodation *ni* chez les vieillards, *ni* chez les myopes d'un degré supérieur à quatre dioptries et qui ne portent pas de verres concaves, *ni* dans des yeux habituellement exclus de la vision (yeux déviés par cause de strabisme), et quand nous l'avons rencontrée elle a rarement dépassé une demi-dioptrie.

Il nous est souvent arrivé d'admettre à tort l'existence d'accommodation astigmatique; de plus, les cas de cette accommodation sont chacun si peu démonstratifs que deux de nos collaborateurs, M. Geo. J. Bull (p. 439) et M. Tscherning (p. 616) sont loin de partager notre manière de voir. Nous signalons tout particulièrement à l'attention du lecteur les objections de M. Tscherning. Il est assurément commode de mettre sur le compte du cristallin les discordances entre les mesures subjective de l'As. total et objective de l'As. cornéen, et c'est une faute que nous avons commise plus d'une fois : il n'en faut pas conclure que l'accommodation astigmatique ne se rencontre jamais, et en tout cas il est prudent de diriger l'examen optométrique de manière à s'en affranchir, s'il existe.

Voici, *à titre de pure hypothèse*, comment je me figure les choses. — Habituellement, les procès ciliaires agissent tous de la même

quantité sur la zonule et produisent une accommodation sphérique. Ils peuvent agir de quantités différentes, de manière à produire une accommodation astigmatique, mais il existe une association entre leur action, tout comme il existe entre les doigts d'une même main une certaine synergie, qui rend impossible de fléchir un doigt avec force sans fléchir plus ou moins tous les autres. L'accommodation astigmatique serait donc toujours accompagnée d'un certain degré d'accommodation sphérique.

Continuons notre comparaison avec les doigts de la main : Quand on demande à un doigt un effort de flexion maximum, il faut fléchir tous les autres au maximum, ou peu s'en faut. Si les choses se passent ainsi, l'accommodation astigmatique, nulle en l'absence d'accommodation sphérique, ne pourrait pas se manifester non plus lors d'un grand effort d'accommodation sphérique : l'As. ne se retrouverait donc totalement manifeste qu'au *remotum* et au *proximum* de l'accommodation, ce qui explique les faits décrits par Martin (p. 481, 482 et 493) et dont il ne donne pas la clef, ce qui est une garantie de l'exactitude de ses observations. Poussons plus loin encore notre comparaison et remarquons qu'entre les doigts des deux mains il existe une synergie bien marquée : témoin les efforts qu'il faut aux pianistes pour en faire disparaître les effets. Faut-il alors nous étonner de rencontrer parfois cet *astigmatisme associé* (p. 471) décrit par M. Martin en 1886, sans qu'il eût connaissance de l'observation analogue de M. Pfalz (p. 186) antérieure d'un an à celles de notre confrère de Bordeaux (1)?

Pour l'accommodation astigmatique, voy. Pfalz (p. 186) qui le premier en a constaté la fréquence moindre chez les myopes, ce qui est conforme à mon hypothèse de tout à l'heure. — Pflüger (p. 369). — Sattler (p. 370). — Swan M. Burnett et Koller (p. 383). Les observations de ce genre sont donc assez nombreuses pour qu'on doive, en optométrie, considérer l'As. latent comme une possibilité, dont il faut se méfier.

Les optomètres. — Pour l'As. comme pour la réfraction sphérique, la grande difficulté de l'optométrie est de faire relâcher autant que possible l'accommodation. C'est pour ce motif que nous nous méfions avec juste raison de tous les optomètres où il faut regarder dans un tube, ce qui, pour beaucoup de sujets, est une incitation à mettre l'accommodation en jeu. Cet inconvénient est évité dans l'optomètre binoculaire qui nous a servi pendant bien des

(1) Il est arrivé à M. Martin de prendre de l'As. cristallinien statique pour de l'As. accommodatif et pour de l'As. associé : cette double erreur est manifeste dans le dernier alinéa de la page 472, mais je crois à l'exactitude de ses observations relatées p. 474 et 475.

années pour mesurer l'As. Il est évité également dans notre grand optomètre (fig. 35, p. 119) construit par la maison Roulot, auquel il convient d'associer notre cadran horaire pour la mesure de l'As.

Il est entendu qu'avec le cadran horaire on s'expose à dépasser la correction exacte de l'As. dans les cas d'amblyopie astigmatique que nous avons signalés en 1867, et que M. Martin a retrouvés et décrits plus en détail (p. 199), mais par l'essai direct on s'expose au contraire à rester en dessous du chiffre exact; c'est ce que nous constatons *presque sans exception* chez les clients qui nous présentent des prescriptions faites en Europe.

Il en est autrement en Amérique, où nos confrères font largement usage des mydriatiques et où la correction de l'As. se fait bien plus souvent et plus exactement que partout ailleurs.

Emploi des mydriatiques. — Si l'ophtalmométrie dispense souvent de l'emploi des mydriatiques, leur usage n'en reste pas moins indiqué dans certains cas, et plus particulièrement quand, en premier abord, le patient paraît affecté d'As. myopique simple.

M. Donders a donné le nom d'As. *simple* à celui qui trouve sa correction dans l'emploi d'un verre planocylindrique, convexe ou concave, c'est-à-dire où l'un des méridiens serait emmétrope, l'autre étant hypermétrope ou myope. La plupart des statistiques d'As. comptent un nombre relativement beaucoup trop grand de cas de ce genre. Il est en effet évident *a priori* que l'As. simple se rencontrera de moins en moins souvent, à mesure qu'on fera des déterminations plus précises.

Il est nécessaire d'indiquer ici une autre cause d'erreur plus importante, qui fait perpétuellement inscrire à tort des astigmatismes myopiques simples. On a pris l'habitude, en Allemagne, de mesurer *d'abord* la réfraction sphérique et, après l'avoir corrigée par le verre convenable, de rechercher *ensuite* le verre cylindrique correcteur de l'As. Or, en

procédant ainsi, on tombe sur des erreurs systématiques; la plupart des astigmates, cherchant à voir nettement les lignes verticales, accommodent en conséquence lors de l'essai du verre sphérique, et cela peut aller jusqu'à faire noter un As. myopique simple chez un astigmate hypermétrope dans tous les méridiens.

M. Donders a nommé As. *mixte* celui où les deux méridiens sont l'un hypermétrope et l'autre myope. Dans les statistiques faites en Europe, l'As. mixte est une exception : presque toujours, quand il n'a pas complètement échappé à l'observateur, il est noté comme myopique simple. Pareille erreur est moins fréquente en Amérique. Nous prions instamment de lire, sur ce point, ce qu'ont dit M. H. D. Noyes (p. 382) et M. B. Alex. Randall (p. 384).

Depuis 1867, nous mesurons *d'abord* l'As. en ayant soin de faire relâcher le plus possible l'accommodation en mettant la figure étoilée un peu au delà du *remotum*, et nous mesurons ensuite la réfraction sphérique *après avoir muni l'œil du cylindre correcteur* et, malgré cette précaution, il nous est arrivé plus d'une fois, chez de jeunes sujets, de marquer de l'As. myopique simple et même de l'As. accompagné de myopie lorsqu'il y avait de l'As. mixte ou même de l'As. accompagné d'un peu d'hypermétropie. L'erreur apparaissait par l'emploi de l'atropine.

Alors donc que l'examen subjectif conduit à un As. myopique simple, il faut suspecter une accommodation qui peut nous induire fortement en erreur sur la réfraction sphérique et il faut s'attendre aussi à trouver un chiffre trop faible pour l'As.

Pendant un an, procédant comme Dobrowolski et comme les Américains, nous avons fait largement usage de l'atropine. Nous faisions instiller pendant plusieurs jours matin et soir une goutte de solution au centième, et le jour de l'examen nous mettions dans l'œil à examiner trois rondelles de Vée contenant chacune un *milligramme*, dose qui a parfois causé des accidents toxiques assez désagréables.

En procédant ainsi, nous avons pu établir la *formule empirique* de la p. 131 et nous ne recourons plus aux mydriatiques que dans les cas où les réponses donnent des résultats s'écartant trop de cette formule.

Mais quand on recourt à l'atropine, il ne faut jamais oublier que dans certains cas, la dilatation de la pupille modifie les résultats de l'examen, ainsi que nous en avons donné des exemples (voy. p. 71 le cas du Dr H.).

M. Tscherning a soumis certaines de ces modifications au calcul (voy. p. 613), mais il reste encore beaucoup de recherches à entreprendre sur ce sujet. Nous signalons tout particulièrement ce que nous en disons pp. 65 et 66.

Notation de la réfraction. — Voir plus loin pp. 52 à 55 et aussi Schiötz (p. 235) et Parent (p. 261).

§ 6. — Les prescriptions de verres.

Quand on a pratiqué successivement l'ophtalmométrie et l'optométrie, il reste encore deux choses à faire. La première est de remplacer la formule *trouvée* par la formule *probable* et la seconde, de prescrire les verres pour les différentes occupations de la vie.

Si, chez un jeune sujet, on trouve subjectivement une hypermétropie d'une dioptrie, chacun admettra comme *probable* l'existence d'une hypermétropie plus forte. Nous appellerons *probabilité uni-oculaire* cette probabilité, qu'on admet d'après l'examen d'un seul œil.

Il n'est pas un oculiste qui, après avoir trouvé une myopie de 12 dioptries pour l'un des yeux et de 13 pour l'autre œil de la même personne, s'aviserait d'avoir confiance dans ce résultat. On sait, par expérience, que sauf dans les cas de grande inégalité, les yeux myopes sont généralement égaux et que si l'on a trouvé 12 pour un œil et 13 pour l'autre, il est très probable qu'on a commis une petite inexactitude de mesure et que la myopie est égale des deux côtés; de plus, comme on se trompe plus

facilement en trop dans la mesure de la myopie, on considérera comme *probable* le chiffre 12 pour les deux yeux. C'est ce que nous appellerons une *probabilité binoculaire.*

Après avoir examiné un très grand nombre d'observateurs distingués : artistes, physiciens, astronomes, etc., nous avons remarqué un certain nombre de relations entre les mesures subjectives et objectives; ces relations doivent être utilisées, soit pour nous engager à recommencer les mensurations si elles viennent à donner des résultats improbables chez une personne sachant observer, soit pour corriger d'autorité les réponses des sujets qui seprêtent trop mal à l'examen.

Probabilités uni-oculaires. — Nous nous occuperons successivement des probabilités de *position* et des probabilités de *valeur* que l'examen ophtalmométrique d'un œil fournit pour la connaissance de l'As. total.

1° Rapport de position entre les As. cornéen et total. — Tous les auteurs sont d'accord pour déclarer qu'en général l'As. total occupe la même position que l'As. cornéen, et que, dans les cas où le cornéen dépasse une dioptrie, l'écart, quand il existe, est rarement supérieur à 5 degrés. Pfalz (p. 182), le premier, a fait remarquer combien ce résultat s'éloigne de ce qu'on admettait généralement depuis Donders. — Il va sans dire qu'on peut rencontrer entre l'As. total et l'As. cornéen des écarts de position très considérables quand ce dernier est à peu près négligeable.

Il importerait de connaître des règles indiquant d'avance l'existence et le sens de cet écart. La seule qui ait été formulée à cet égard a été indiquée par M. Bull (p. 439).

De mon côté, je crois avoir remarqué que, quand l'As. cornéen est voisin de 45 ou de 135 degrés, l'As. total est souvent exactement de 45 ou de 135, formant avec le cornéen un angle qui peut atteindre 10 degrés.

2° Valeur de l'As. total. — En gros, les faits se présentent à peu près toujours, chez tous les auteurs, en conformité de la *formule empirique* du § C de la page 131, à laquelle

j'attache la plus grande importance. M. Tscherning a fait allusion (p. 391) à cette formule dont je me sers depuis trois ans, mais que je publie ici pour la première fois. Il faut toujours avoir présente à l'esprit la *fréquence d'un As. cristallinien statique inverse d'environ 0,75*, constatée pour la première fois par Schiötz (voy. ci-dessus p. xxxiv), qui domine la situation quand l'As. cornéen est très faible, et qui le compense en partie jusqu'aux environs de 2,5 ou 3 dioptries. — Ce fait a été vérifié de toutes parts, notamment par Bull (note de la page 438), par Chibret et par Martin (note de la page 480). Il faut aussi se souvenir qu'au contraire, au delà de trois dioptries, l'As. total, au moins chez les sujets âgés, est souvent supérieur au chiffre cornéen.

Il faudrait donc, en ce qui concerne la valeur relative des As. total et cornéen, refaire toutes les statistiques pour comparer ce qui doit être comparé ; il faudrait trier soigneusement les yeux en ne mêlant plus les As. cornéens inverses avec les directs et, pour chacun des degrés d'As. cornéen, *rechercher combien pour cent des yeux se conforment à la* FORMULE EMPIRIQUE *de la page* 131 *et combien s'en éloignent*, et dans quel sens. C'est là un travail auquel j'attribuerais la plus grande utilité pratique. En effet, on n'a pas dit grand'chose quand on a constaté, que, dans la moitié des cas, la valeur de l'As. total coïncide avec celle de l'As cornéen, que dans 80 p. 100 (chiffre de M. Bull), la différence ne dépasse pas 1 dioptrie, etc. Ce qui importe, c'est, *dans chaque cas particulier*, de savoir quel est l'*écart probable* et le maximum de l'écart qui ait été observé, car alors, après avoir mesuré l'As. cornéen, l'As. total sera connu d'avance avec une grande probabilité ; la détermination subjective sera l'affaire d'un instant et se réduira presque à une vérification ; je propose, comme une œuvre méritoire, la correction de la *formule empirique*, qu'il faut considérer comme provisoire.

Probabilités binoculaires :

1° Angles des cylindres. — Quand l'As. cornéen dépasse 1 dioptrie environ et que sa valeur est à peu près la même dans les deux yeux, les méridiens de moindre réfraction sont ordinairement disposés symétriquement. Si donc on a noté $15 \pm 2{,}5$; $160 \pm 2{,}25$, il faut se méfier; le total des deux angles inscrits ne faisant que 175 au lieu de 180°, il est à présumer que le sujet a changé

l'inclination de sa tête entre les deux mensurations, et il faut recommencer.

La même règle s'applique aux angles de l'As. total.

2° Relation entre l'As. des deux yeux. — Il est prudent de noter la réfraction des deux méridiens de chaque œil, et si l'on ne trouve pas le même As. cornéen des deux côtés, il faut voir si les quatre chiffres exprimant la réfraction de ces quatre méridiens répondent à la règle du paragraphe 6 de la page 129, et dans le cas contraire, refaire la mensuration.

3° Relation entre la réfraction des deux yeux. — Nous avons observé qu'en général, chez les sujets qui ont une vision binoculaire bien solidement établie, les méridiens *les plus réfringents des deux yeux ont la même réfraction* (1), c'est-à-dire que si l'on corrige l'As. par des cylindres *convexes*, on doit s'attendre à trouver, des deux côtés, le même verre sphérique. Par exemple, si l'on trouve pour les deux yeux d'une même personne 10° — 3 — 1 et 170 — 2,5 — 1, il y a beaucoup à parier que ce résultat est faux ; en effet, transformons la formule en inscrivant des cylindres convexes, il vient 10 + 3 — 4 et 170 + 2,5 — 3.5, c'est-à-dire de l'*anisométropie sphérique*, malgré les apparences ; c'est un résultat improbable et il faut chercher l'erreur. Si, recommençant, on trouve 10 — 3 — 0.5 et 170 — 2.5 — 1 c'est, au contraire, un résultat *probable*.

Au lieu de transformer la formule pour y introduire les cylindres convexes, il revient au même de voir si, dans la formule à cylindres concaves, la *somme algébrique* des verres est la même pour les deux yeux ; c'est ainsi que dans la formule 10 — 3 — 0.5 et 170 — 2.5 — 1, qui est probable, on a — 3 — 0.5 = — 2.5 — 1, = — 3.5.

(1) Résultat tout à fait contraire à ce qu'on aurait dû prévoir d'après les faits exposés pages 129 et 130, où l'ophtalmomètre n'indique au contraire pas de différence notable entre les méridiens les *moins* réfringents des deux yeux d'une même personne.

De même, si l'on trouvait pour les deux yeux d'une personne 10 — 2 + 3; 170 — 2.5 + 3, ce serait un résultat improbable car, — 2 + 3 = 1, tandis que — 2.5 + 3 = 0,5; au contraire, 10 — 2 + 3 et 170 — 2.5 + 3,5 constituent un résultat probable, car — 2 + 3 = — 2.5 + 3.5 = 1.

Il reste des recherches à faire pour voir dans quelle mesure la règle que nous venons d'indiquer est applicable.

Vérification par la skiascopie. — Une fois la détermination faite, contrôlée par les probabilités que nous venons d'annoncer et, au besoin, vérifiée par l'atropine, on procède à une dernière contre-vérification par la skiascopie. (Voy. Chibret, p. 502.)

Prescription des verres. — Enfin, pour la prescription des verres, nous ne pouvons que renvoyer à la note des pages 124, 125 et 126. Pour les montures, voir Bull, *Lunettes et pince-nez* (Paris, Masson, 1889).

Jusqu'ici, dans la prescription des lunettes, nous ne tenons pas compte des rotations des yeux autour de leur axe antéropostérieur, et c'est un très grand tort. Nous pratiquons l'ophtalmométrie et l'optométrie pour la position horizontale du regard. Bien souvent on devrait, pour les verres destinés à la lecture, tenir compte de l'observation de M. Ba. (p. 78) et aussi de ce fait que certains malades, pour la vision binoculaire, font effectuer à leurs yeux des rotations qui ont pour but de faire coïncider les méridiens principaux. Je possède à cet égard une observation très intéressante de M. l'abbé Bar., qui sera publiée ultérieurement.

Nous ne tenons pas compte non plus des variations probables de l'As. avec l'âge. C'est une étude à entreprendre (voy. pp. 65 et 66 des observations que nous avons intercalées au moment de mettre sous presse).

§ 7. — Résultats de l'ophtalmométrie.

On nous excusera de ne pas donner à ce paragraphe l'extension qu'il comporte : nous laissons volontiers à autrui le soin d'insister sur l'utilité de l'ophtalmométrie et nous nous bornerons à traiter brièvement deux points sur lesquels les auteurs ne sont pas d'accord.

Fréquence de l'emploi des verres cylindriques. — M. Chibret (p. 504) déclare que l'ophtalmométrie a plus que

doublé le nombre des cas où il a prescrit utilement des verres cylindriques, et cependant notre confrère de Clermont pratiquait la recherche de l'As. avec un soin et une compétence peu ordinaires. La fréquence des prescriptions de verres cylindriques augmentera encore quand on aura remarqué l'amélioration que la correction de l'As. apporte à beaucoup d'affections des yeux.

C'est dans deux catégories de cas, absolument opposées, que l'ophtalmomètre révèle des As. qui passeraient habituellement inaperçus sans son secours. D'une part, l'instrument signale du premier coup d'œil un certain nombre d'As. qui échappaient habituellement, précisément à cause de leur fort degré : nous voulons parler de l'As. dans les cas de très forte myopie, de kératocone, de cornées déformées par des traces d'affections aiguës. D'autre part, un nombre *énorme* de petits astigmatismes échappent couramment aux observateurs : c'est le nombre immense de ces petits astigmatismes, inférieurs à 1.5, qui constitue la véritable clientèle reconnaissante des spécialistes recherchant exactement la réfraction.

Si l'on me donnait le choix de renoncer, dans mon cabinet, aux cylindres supérieurs à 1.5, ou aux cylindres faibles, de 0.50 à 1,5, je n'hésiterais pas une seconde à sacrifier les premiers, non seulement à cause du nombre beaucoup plus grand des personnes qui bénéficient de l'emploi des cylindres faibles qu'à cause de cette circonstance tout à fait inattendue, mise en lumière par M. Martin, que l'As. faible est souvent une cause d'*asthénopie* intolérable, tandis que l'As. fort entraine seulement une *amblyopie* qui est tolérée beaucoup mieux qu'on ne le pourrait croire.

En particulier, les astigmatismes inverses, voisins de 0.75, sont signalés par l'absence d'As. cornéen et sont utiles à corriger.

Sans aller aussi loin que M. G. Martin (§ 2, p. 451 et suivantes), il faut admettre qu'une mauvaise optique de l'œil est une cause permanente de fatigue pour cet organe, et qu'une parfaite correction fait disparaître, comme par enchantement, un certain nombre de migraines, de conjonctivites tenaces et de blépharites : pour qui corrige exactement les défauts de réfraction, les asthénopies rebelles deviennent une rareté.

Dès 1867, nous écrivions que c'est le degré plus ou moins marqué de l'As. qui décide de la qualité plus ou moins bonne de l'œil. Nous reproduisons plus loin (tableau III, p. 571)

un tableau où nous montrions qu'en général, chez les strabiques, c'est l'œil le plus astigmate qui est dévié, parce que le moins astigmate a été choisi pour la vision. Les mémoires reproduits dans ce volume apportent de toutes parts la confirmation de notre opinion, et plus nous multiplions nos observations, plus nous constatons l'importance des faibles degrés d'As. Il suffit souvent, entre les deux yeux, d'une différence d'As. de 0,25 pour déterminer le choix de l'œil le meilleur. Lors donc qu'on recherche si l'As. est cause de telle ou telle affection oculaire, il ne faut pas chercher si, dans cette affection, on rencontre de hauts degrés d'As. Il faut, au contraire, chercher si l'As. supérieur à 0.5 s'y rencontre fréquemment.

Relations entre l'As. et la myopie. — Dès 1880, dans une communication faite devant la *Société d'hygiène et de médecine publique*, nous attribuions à l'As. un rôle important dans la production de la myopie scolaire. Sauf celle de Nordenson, les statistiques reproduites dans ce volume ne paraissent pas confirmer cette assertion. Cela tient sans doute à ce que les auteurs n'ont pas établi où il convenait la distinction entre les As. négligeables et ceux qui ne le sont pas. D'ailleurs, aucun des auteurs de ces statistiques ne savait encore que c'est aux environs de 0,5 ou 0,75 d'As. cornéen que sont à trouver les yeux dénués d'As. total.

Il y a donc à reprendre une étude qui a été esquissée par M. Martin (§ 8, p. 495) et qui conduira sûrement à cette conclusion que l'As. est une cause de myopie. Nous n'avions formulé cette assertion en 1880, qu'après avoir examiné avec soin les yeux de tous les élèves de l'École Monge et dressé de ces yeux, pour notre usage, une statistique dont la publication serait aujourd'hui sans intérêt.

Si l'As. peut être souvent une cause de myopie, il peut aussi agir comme préservatif. Le premier cas de ce genre que j'aie observé est celui d'un confrère de vingt-trois ans, M. N..., chez qui je mesurai en 1863 une myopie de 5 D à gauche et dont la réfraction de l'œil droit était alors $25^{c} - 4 + 2$; il se servait exclusivement de l'œil gauche pour le travail et il était aisé de supposer que l'œil droit, n'étant pas employé à cause de son astigmatisme, avait été préservé contre la myopie. Depuis vingt-cinq ans, mon attention ayant été appelée sur ce fait, j'ai rencontré plusieurs cas tout à fait analogues

à celui du Dr N... et chez lesquels l'anisométropie s'est produite par ce même mécanisme: le moins astigmate des deux yeux seul employé pour la vision des objets voisins et devenant myope tandis que l'autre reste aux environs de l'emmétropie.

Conclusion.

« *Nous ne désespérons pas, en tenant compte de l'âge, de la réfraction sphérique et de l'As. cornéen, d'établir des diagrammes qui permettront d'obtenir l'As. total dans un certain nombre de cas, sans aucune opération subjective.* »

Ces lignes, par lesquelles nous terminions notre communication à Londres, en 1881, ont été constamment présentes à notre esprit pendant dix ans, et cette préoccupation nous a conduits à la *formule empirique* de la page 131, dont il reste à mieux déterminer les coefficients et à laquelle il faudra ajouter des termes.

Notre formule étant de la forme $y = a + b\,x$, est l'équation d'une ligne droite, laquelle constitue, jusqu'à nouvel ordre, le *diagramme* cherché : c'est aux cliniciens qu'il appartient de la modifier par l'observation sincère d'un grand nombre de faits. Il leur appartient également de préciser les relations de position entre les As. total et cornéen.

En ce qui nous concerne, nous ne pensons pas arriver à perfectionner beaucoup la mesure objective de l'As. cornéen ; le moment nous paraît venu, au contraire, de retourner à l'amélioration des procédés subjectifs, distancés aujourd'hui par l'ophtalmométrie et par la skiascopie. Il nous incombe d'instituer des méthodes subjectives qui permettent de mesurer avec quelque probabilité le quart de dioptrie, donné si nettement par les procédés objetifs. Cette recherche du quart de dioptrie, complètement inutile quand il s'agit de réfraction sphérique, est indispensable pour qui voudra perfectionner les indications données au § 6 ci-dessus (p. XL) et, nous pensons la rendre facile, pour les bons observateurs, au moyen de quelques modifications apportées à notre optomètre (modèle Roulot).

Dès maintenant, nous pouvons prédire que la mensuration plus précise de la réfraction fera disparaître presque tous les cas d'anisométropie, car l'anisométropie faible, sauf quand elle est un état transitoire, n'existe le plus souvent que dans les erreurs de l'oculiste et sa correction est alors une cause de tourment pour les patients.

Nous savons fort bien que la plupart de nos lecteurs trouveront exagérée notre préoccupation d'arriver à des mensurations tout à fait précises, et que plusieurs seront surpris de l'importance que nous attribuons à l'étude de la décentration. Nous les engageons à suspendre leur jugement et à se dire que le progrès consiste souvent à sortir des chemins battus.

Pour terminer, nous prions nos confrères de ne pas se laisser rebuter par la grosseur de ce volume et par la minutie des détails dans lesquels nous avons dû entrer. Notre rôle est d'indiquer les finesses de l'ophtalmométrie : nous nous hâtons d'ajouter que, pour ceux qui veulent se résigner à commettre des erreurs d'une demi-dioptrie, toutes ces finesses disparaissent, et l'ophtalmométrie ne présente aucune difficulté.

Si, par la suite, nous arrivions à quelque nouveau progrès dans cette étude, nous en présenterions les résultats aux réunions annuelles de la *Société française d'ophtalmologie;* c'est également à cette Société que nous avons coutume de présenter les travaux faits dans notre laboratoire de la Sorbonne et dont le résuméest publié dans le *Compte rendu* annuel de l'École des Hautes-Études.

I

ASTIGMATISME ET OPHTALMOMÉTRIE

Par J. GAVARRET

Leçon faite à la Faculté de Médecine de Paris.

Recueillie par le Dr E. Nordenson (*Revue scientifique*, 15 juillet 1882).

Je vous ai parlé dans ma dernière leçon de l'astigmatisme, cette anomalie de réfraction de l'œil qui consiste en une différence dans la puissance réfringente des méridiens de l'œil.

Cette inégalité de réfraction dans les différents méridiens est occasionnée par une asymétrie de courbure soit de la cornée (astigmatisme cornéen), ce qui est le cas le plus fréquent, soit du cristallin (astigmatisme du cristallin), soit des deux organes à la fois. Les deux méridiens de l'œil qui présentent la plus grande différence de réfraction s'appellent méridiens principaux ; ils sont sensiblement perpendiculaires l'un à l'autre. On dit que l'astigmatisme est régulier quand la réfraction varie, d'un méridien à l'autre, suivant une loi telle qu'on puisse assimiler l'œil à un ellipsoïde à trois axes inégaux. L'astigmatisme irrégulier peut tenir : 1° à une variation irrégulière de la réfraction dans un même méridien ; 2° à un degré différent d'astigmatisme sur des parallèles plus ou moins voisins du sommet ; 3° à une direction différente de l'amétropie dans différents parallèles ; 4° à des vices de forme plus compliqués encore. L'astigmatisme régulier est susceptible de correction ; c'est le seul dont nous ayons à nous occuper.

L'œil astigmate ne voit jamais un point lumineux comme un point, mais comme une ligne lumineuse, ou comme une tache lumineuse, elliptique ou circulaire.

La netteté de la vision s'en ressent; l'acuité est souvent diminuée, surtout quand la pupille s'élargit par suite d'un éclairage insuffisant. Les astigmates font donc appel au médecin qui doit faire le diagnostic et prescrire des verres correcteurs appropriés.

Il me reste aujourd'hui à vous exposer les méthodes dont on peut se servir pour la détermination de l'astigmatisme de l'œil vivant.

Vous connaissez tous cet examen des astigmates à l'aide de verres sphériques et cylindriques qui se fait en prenant pour objet un carton sur lequel sont tracées des lignes noires en étoile (1). Avec cette méthode, il faut trouver un verre cylindrique ou une combinaison d'un verre sphérique et d'un verre cylindrique, qui donne sur la rétine de l'astigmate une image nette de tous les rayons de l'étoile à la fois. Pour obtenir un résultat constant, on est souvent obligé de recourir à l'atropine afin de supprimer l'influence de l'accommodation sur la forme du cristallin. On peut ainsi déterminer l'astigmatisme total que présente l'œil sans accommodation.

Sans compter les inconvénients de l'atropine pour le malade, cette méthode est subjective; en d'autres termes, elle dépend des réponses du malade. Ces réponses, souvent incertaines ou contradictoires, peuvent induire le médecin en erreur et causer une grande perte de temps.

Après avoir déterminé l'astigmatisme total de l'œil par cette méthode, nous ne savons jamais quelle partie provient de la cornée et quelle partie provient du cristallin. Nous ne pouvons dire jusqu'à quel point l'astigmatisme cornéen est augmenté ou diminué par l'astigmatisme du cristallin.

On a depuis longtemps cherché à inventer un instrument à l'aide duquel on pourrait mesurer directement les rayons de courbure de la cornée.

Avant de décrire cet instrument, qu'on nomme ophtalmomètre, avec lequel on peut étudier la forme *des surfaces réfringentes de l'œil*, je veux vous dire qu'on peut, par une méthode très simple, s'assurer si la cornée est astigmate ou non, en se

(1) Javal. Sur le choix des verres cylindriques, *Annales d'oculistique*, 1865, t. LIII, p. 50.

servant des images virtuelles fournies par la cornée. Si l'on place (fig. 1) devant une cornée astigmate un carton blanc sur lequel on a tracé des cercles noirs concentriques, on voit les cercles se peindre sur l'œil sous forme d'ellipses. Les grands axes des ellipses correspondent au méridien de la cornée qui a

Fig. 1. — Disque Javal et Schiötz.

le plus grand rayon de courbure. Cette déformation des cercles en ellipses accuse l'astigmatisme régulier. L'astigmatisme irrégulier est accusé par les irrégularités des bords des images des cercles.

L'ophtalmomètre rend cet examen plus précis, en permettant de mesurer les rayons de courbure des différents méridiens de l'œil.

C'est au génie de Helmholtz que nous devons l'ophtalmomètre le plus complet, dont vous voyez ici un exemplaire. Avec cet instrument, on peut déterminer objectivement la forme de la cornée. Le principe fondamental sur lequel se base la construction de cet instrument est le suivant.

Lorsqu'on observe un objet O (fig. 2) à travers une lame de verre A A à surfaces planes parallèles et que cette lame est perpendiculairement à la ligne O B qui réunit notre œil B à l'objet O,

Fig. 2.

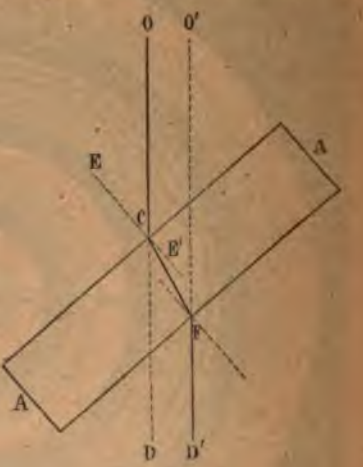


Fig. 3.

il n'y a pas d'influence sur la marche du rayon lumineux qui vient de l'objet O.

Mais si nous inclinons la lame de façon à lui donner la direction A A (fig. 3), le rayon lumineux O C est dévié. Ce rayon, au lieu de se diriger vers D, est dévié à son entrée dans la lame A A et se rapproche de la normale E E' élevée en ce point. Il se dirige vers F pour y subir une nouvelle déviation en sens inverse à sa sortie du verre et pour se porter vers D'.

Le rayon est donc dévié parallèlement à sa direction primitive et l'observateur, au lieu de voir l'objet en O, le verra déplacé en O'.

Prenons maintenant, au lieu d'une seule lame, deux lames de verre à surfaces planes parallèles contiguës par leurs grands

côtés, comme l'indique la figure 4, où les deux lames, vues pa en haut, sont tournées en sens inverse.

Si nous regardons l'objet O à travers ces deux lames et si la ligne de séparation des deux lames et le diamètre horizontal de notre pupille sont situés sur le même plan horizontal, nous verrons à travers les deux lames à la fois, et au lieu d'une seule

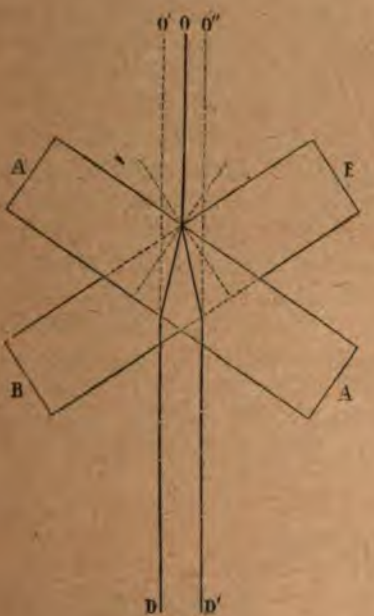


Fig. 4.

Fig. 5.

image de O, nous en obtiendrons deux en D et D' que nous projetterons en O' et O''. Nous verrons l'objet double.

L'ophtalmomètre de Helmholtz (fig. 5) se compose d'une lunette devant laquelle sont placées verticalement l'une au-dessus de l'autre deux lames de verre mobiles en sens opposé autour d'un axe vertical. La lame supérieure correspond à la moitié supérieure, la lame inférieure à la moitié inférieure de l'objectif. Quand les deux lames sont sur le même plan, on ne voit qu'une

seule image de l'objet; mais si l'on fait tourner les deux lames en sens inverse, les rayons émanés de l'objet qui passent par la lame supérieure sont déviés d'un côté; ceux qui passent par la lame inférieure, d'un autre. Un système de roues et de pignons permet de faire tourner les lames symétriquement et en sens inverse, de manière que les deux lames soient également inclinées sur l'axe de l'instrument (B C); la valeur en degrés de l'angle d'inclinaison O est donnée par un cercle gradué, situé sur l'instrument. Si nous regardons à travers l'ophtalmomètre une ligne horizontale A A, nous voyons, en tournant les lames, un dédoublement A′ A′ complet de cet objet. On peut déduire l'étendue de l'écartement des images doubles de la valeur de l'angle formé par les lames et l'axe de la lunette.

Quand on veut mesurer les courbures des différents méridiens de l'œil vivant, on emploie comme objet lumineux de petites flammes qui se réfléchissent sur la surface courbe de la cornée.

Dans ces expériences, la tête de la personne à examiner est fixée de manière que l'axe optique de l'œil se trouve dans l'axe de l'instrument. On fixe sur l'ophtalmomètre, perpendiculairement à son axe, une règle graduée qu'on peut tourner dans tous les méridiens, et on place sur cette règle trois petits miroirs qui réfléchissent sur l'œil observé la lumière d'une grande lampe placée au-dessus de la tête de l'examiné. Les images des

Fig. 6.

flammes dans ces trois miroirs qu'on peut faire mouvoir le long de la règle sont réfléchies par la cornée et leurs images sont observées à travers l'ophtalmomètre.

On prend la distance du miroir B au milieu B′ des deux autres miroirs (fig. 6) comme l'objet dont on veut doubler l'image sur

la cornée en tournant les lames de verre. On fait tourner les lames de verre jusqu'à ce que la seconde image de la flamme dans le miroir B coïncide avec la première image B′ et, de l'angle de rotation qu'il a fallu imprimer aux lames, on déduit par le calcul la grandeur de l'image cornéenne de la distance BB′ et le rayon de courbure de la cornée dans le méridien observé.

Pour employer cet instrument, il faut opérer dans l'obscurité, se servir d'un éclairage arrangé d'une manière spéciale, disposer des tables fixées au parquet et transformer les données d'observation par le moyen de calculs. Si l'on désire examiner l'astigmatisme de la surface ellipsoïde (à trois axes inégaux) que présente la cornée de notre œil, il faut mesurer successivement de 15 en 15 degrés le rayon de courbure des méridiens de la cornée. Chacune de ces mensurations exige huit lectures sur l'instrument et de longs calculs. L'examen d'un seul œil surpasse souvent les forces du malade et le temps que le médecin peut donner à chaque client. A cause de ces difficultés, cet instrument est resté un précieux appareil de laboratoire; entre les mains de son illustre inventeur, il a rendu d'immenses services à la science.

Notre confrère M. le Dr Javal, après s'être bien convaincu des difficultés du maniement de cet instrument classique, s'est proposé la tâche de le modifier et de le rendre pratique. Au congrès ophtalmologique de Milan en 1880, il a présenté une première modification que vous voyez ici.

La lame inférieure est fixe et la lame supérieure peut être tournée par un levier qui indique en même temps, sur un arc divisé, la force réfringente du méridien mesuré. En faisant tourner, autour de son axe, l'instrument sur lequel sont placées les flammes de gaz, on trouve immédiatement les deux méridiens de plus grande et de plus petite courbure.

Une lecture dans chacun de ces méridiens donnant sa réfraction, on a immédiatement, par différence, l'astigmatisme cornéen exprimé en dioptries. Cet instrument présentait un grand progrès quant à la rapidité de la détermination; mais on n'était encore affranchi ni de l'éclairage artificiel, ni de l'importante cause d'erreur résidant dans les défauts de l'œil de l'observateur. Je ne m'arrêterai pas davantage sur cet instru-

ment qui a joué un rôle important dans l'histoire du développement de l'ophtalmométrie moderne; je me hâte de fixer votre attention sur la dernière victoire que M. Javal, en collaboration avec M. Schiötz, docteur norvégien, a su remporter. Grâce à ses infatigables recherches, il a trouvé une méthode pratique de déterminer, en dioptries et sans calculs, en travaillant en plein jour, l'astigmatisme cornéen des malades des services de clinique.

Le nouvel ophtalmomètre, avec lequel MM. Javal et Schiötz ont réussi à réaliser cet examen rapide et exact, se base sur le principe suivant :

Placez verticalement devant votre œil un petit carré de carton blanc, percé au centre d'un petit trou muni d'une loupe de 10 à 20 centimètres de foyer. Regardez à travers le centre de cette loupe un autre œil qui fixe lui-même le centre de la loupe. Vous verrez dans cet œil l'image du carré. Cette image réfléchie par la cornée est d'autant plus petite que la cornée observée est plus convexe. Supposez que la cornée observée soit astigmate et que le méridien vertical de la cornée soit plus convexe que l'horizontal, l'image n'aura plus la forme d'un carré. Elle affectera la forme d'un rectangle. Les côtés verticaux de l'image seront plus petits que les côtés horizontaux.

Pour que l'image cornéenne se présente avec des contours nets et bien déterminés, il faut placer le carré perpendiculairement à la ligne de fixation des deux yeux. Cette ligne est la même pour l'observateur et l'œil observé, car celui-ci doit toujours fixer le centre de la loupe à travers laquelle l'observateur regarde l'image. Il faut aussi avoir soin de placer le carré de telle sorte que ses côtés soient parallèles au méridien horizontal et au méridien vertical de la cornée. Si au contraire vous donnez au carré une position diagonale, l'image que vous en percevrez ne sera plus ni un carré ni un rectangle. Vous verrez une espèce de parallélogramme à bords courbes.

Avec cette expérience soigneusement exécutée d'après les règles données, vous pouvez diagnostiquer l'existence de l'astigmatisme cornéen. Mais il s'agit de trouver la valeur de l'astigmatisme de la cornée en dioptries.

L'optalmomètre de MM. Javal et Schiötz se compose d'une lunette montée sur un trépied qu'on peut faire mouvoir sur une

planchette-support (fig. 7), grâce à une rainure dans laquelle glisse le pied postérieur. La lunette contient (fig. 8) deux

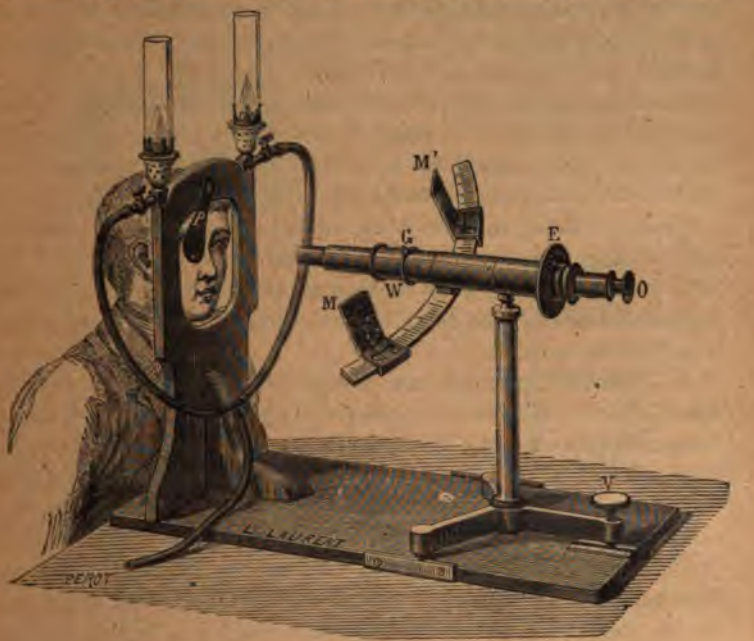


Fig. 7.

objectifs (A B) entre lesquels est placé un prisme biréfringent E. Les objectifs ont chacun une distance focale de 27 cen-

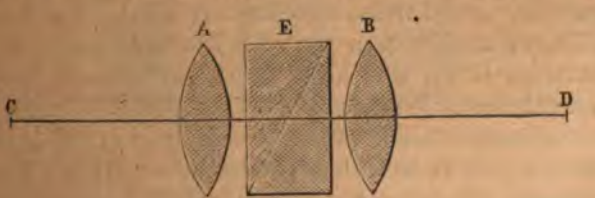


Fig. 8.

timètres. Si l'œil observé est placé en D, foyer de l'objectif B, vous aurez au point C, foyer de l'objectif A, où est placé un fil d'araignée, une image renversée et de même grandeur des

images réfléchies sur la cornée de cet œil. Au tube de la lunette (fig. 7) est fixé un arc de 36 centimètres de rayon. Le centre de cet arc est un peu au delà du foyer D de l'objectif B. L'arc peut tourner autour de l'axe de l'instrument; il est muni d'une aiguille qui indique, sur un cadran divisé fixe E (fig. 7), le degré de la rotation imprimée. Vous devez commencer votre examen en effectuant la mise au point de l'appareil. La force du prisme biréfringent est telle qu'il dédouble exactement un objet de 3 millimètres situé au point D (fig. 8).

Il s'agit d'avoir un objet dont l'image réfléchie sur la cornée nous donne d'un seul coup d'œil en dioptries la différence de force réfringente des deux méridiens principaux. Nous parlons toujours d'une cornée dont le maximum de convexité est dans le méridien vertical.

Au lieu de prendre un simple carré de carton blanc, MM. Javal et Schiötz ont choisi deux bandes blanches à l'une desquelles ils ont eu l'idée ingénieuse de donner la forme d'un escalier dont chaque marche mesure 6 millimètres. Ces deux bandes blanches servent de mires pour l'œil observé; elles sont fixées aux curseurs (M M', fig. 7) de l'arc de l'appareil et se présentent à l'œil observé comme dans la figure 9, lorsque l'arc est dans le méridien vertical de maximum de courbure de la cornée. Dans nos expériences, l'objet à dédoubler est l'image cornéenne de l'espace D compris entre les bords externes *ab*, *cd*, des deux bandes blanches. Nous verrons plus bas comment on peut régler la position des curseurs (MM', fig. 7), de manière que l'image cornéenne de l'intervalle des bords externes des deux bandes blanches soit égale à 3 millimètres, condition nécessaire pour que cet intervalle soit exactement dédoublé par le prisme biréfringent. La figure 10 représente l'image cornéenne de l'ensemble des deux bandes blanches exactement dédoublée par le prisme biréfringent et telle que l'observateur la voit au foyer de l'ophtalmomètre. Dans la figure 10, δ est l'image cornéenne de l'intervalle D des bords externes des deux mires blanches (fig. 9). On règle les curseurs de manière à obtenir cette image correspondant à un dédoublement exact; on est sûr alors que l'intervalle δ des bords externes des images cornéennes des deux mires blanches est de 3 millimètres et que l'appareil est prêt pour une bonne observation.

Cela fait, tournons l'arc de 90 degrés, pour examiner le méridien horizontal dont la courbure est plus faible que celle du méridien vertical. Les curseurs n'ayant pas changé de position, l'image cornéenne de l'ensemble des deux mires blanches est

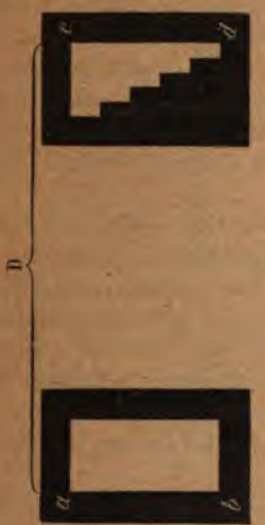


Fig. 9.

Fig. 10.

nécessairement incomplètement dédoublée par le prisme biréfringent. On obtient (fig. 11), au moyen de l'ophtalmomètre, une image dans laquelle les bandes I', *y*, qui, dans l'expérience

Fig. 11.

précédente, étaient exactement affrontées par leurs bords externes, empiètent l'une sur l'autre de *deux* marches. Cet empiétement est nettement accusé par une coloration blanche qui se détache bien de la teinte grise des autres parties. — Il est facile de comprendre la cause de cet empiétement, résultat du dédoublement incomplet de l'image cornéenne.

Deux miroirs convexes de courbure différente donnent d'un même objet placé à la même distance des images virtuelles de grandeurs différentes. Plus le miroir est convexe, plus l'image réfléchie est petite. Si le méridien vertical de la cornée donne une image δ (fig. 10) de la distance D (fig. 9), égale à 3 millimètres, le méridien horizontal en donnera nécessairement une image plus grande. La distance δ (fig. 11), étant plus grande que 3 millimètres, ne peut pas être exactement dédoublée par le prisme; il y aura donc un empiétement des images au foyer de l'ophtalmomètre : les bandes I′, *y* seront partiellement superposées (1).

Nous avons dit plus haut que les marches taillées sur une des deux mires blanches ont 6 millimètres d'étendue; l'appareil est réglé de manière que l'empiétement d'*une* marche correspond à une différence de puissance de réfraction égale à *une* dioptrie. Puisque nous avons admis, dans notre expérience, un empiétement de *deux* marches, nous en concluons que la puissance de réfraction du méridien horizontal est inférieure de *deux* dioptries à celle du méridien vertical. L'astigmatisme de l'œil observé est donc de *deux* dioptries.

La direction des méridiens principaux de la cornée est indiquée par la position de l'aiguille sur le cadran E (fig. 7). Si nous avons à examiner une personne opérée de la cataracte, la valeur de l'astigmatisme cornéen coïncide avec l'astigmatisme total et l'examen est terminé. Mais, sur les yeux non privés de cristallin, il nous reste à connaître l'astigmatisme du cristallin. La science ne nous a pas encore donné une méthode objective pour le déterminer. On n'y arrive que par un détour. Nous sommes forcés d'abord de chercher l'astigmatisme total; ensuite, par une simple soustraction de l'astigmatisme cornéen, de calculer celui du cristallin.

Pour l'examen de l'astigmatisme total, nous sommes obligés d'abandonner la méthode objective exacte qui permet aux médecins de faire l'examen indépendamment des réponses plus ou moins précises du malade.

Grâce à M. Javal, nous pouvons aussi abréger cet examen et

(1) [Depuis 1882, la position initiale des mires diffère de celle décrite ci-dessus.]

D 60
E
D 36
T B
D 24
D L N
D 18
P T E R
D 12
F Z B D E
D 9
O E L Z T C
D 6
A P O R F D Z
Optomètre du Dr Javal
ROULOT & PARIS
DIETRICH

Fig. 12.

nous passer de la méthode des verres d'essai de boîte qui exige du malade et du médecin beaucoup de temps et de patience.

Dans son nouvel optomètre (fig. 12), M. Javal a rangé, sur deux disques tournants, la série des verres sphériques convexes et concaves et la série des verres cylindriques. Un mécanisme particulier permet de faire passer les verres cylindriques et de placer leurs axes dans la direction voulue.

Cette direction de l'axe est indiquée par une aiguille sur une échelle graduée. Vous avez seulement à mettre l'aiguille sur l'angle déjà indiqué par l'observation ophtalmométrique et à faire passer le verre cylindrique qui neutralise l'astigmatisme cornéen. Par la rotation du second disque, on trouve le verre sphérique correcteur de la myopie ou de l'hypermétropie ; c'est ensuite l'affaire d'un instant de vérifier si les verres cylindriques voisins sont préférables au verre cylindrique indiqué par la mesure ophtalmométrique. Cela fait, on soustrait la valeur de l'astigmatisme cornéen de la valeur de l'astigmatisme total; le résultat indique l'intensité et le sens de l'astigmatisme cristallinien. Cette méthode exige beaucoup moins de temps qu'il ne m'en faut pour l'expliquer; à une grande rapidité, elle joint encore l'avantage d'une grande exactitude; ajoutons enfin que le maniement des appareils est facile pour le médecin et commode pour le malade.

Malgré les longs détails qu'a exigés cette exposition, je suis heureux d'avoir eu l'occasion de vous présenter les derniers progrès de l'ophtalmométrie moderne en France. Je termine dans l'espoir que vous êtes convaincus de la valeur scientifique de ces méthodes dont vous saurez certainement faire profiter vos malades.

(*Rédigé par* E. Nordenson.)

II

DESCRIPTION DE L'OPHTALMOMÈTRE

JAVAL ET SCHIÖTZ

MODÈLE 1889

Par le Docteur SULZER (de Winterthur).

Paris, mars 1890.

L'ophtalmomètre Javal et Schiötz sert à mesurer les rayons de courbure de la cornée. Il sert également à mesurer l'astigmatisme cornéen. Ces différentes mesures se font au moyen de l'observation des images cornéennes de deux mires mobiles sur un arc de cercle.

Ces images sont observées au moyen d'une lunette qui contient un prisme biréfringent. Le tout est porté par une tablette terminée par un appui-tête.

L'arc de cercle.

L'arc qui porte les mires est le quart d'un cercle dont le rayon intérieur est de 290 millimètres et le diamètre extérieur de 315 millimètres. Quand l'instrument fonctionne, l'arc est concentrique avec la cornée observée. Le bord extérieur de l'arc porte une division en degrés du cercle. Par un artifice de calcul, le prisme biréfringent a été choisi de telle sorte que chaque trait marquant un degré correspond à une dioptrie. Sur le

côté droit du bord intérieur de l'arc, se trouve une division qui indique la grandeur des rayons de courbure en millimètres.

L'arc est fixé à la lunette par l'intermédiaire d'une bague B (fig. 14, p. 20). Cette bague est elle-même maintenue dans une

Fig. 13.

position immuable par rapport au tube de la lunette, au moyen de deux vis qui ont été bien serrées après réglage de la position de l'arc par rapport au plan de dédoublement du prisme.

Ces vis doivent toujours être laissées en place.

Un trou percé dans la moitié gauche de l'arc de cercle sert à fixer l'une des mires dans la position qu'elle est destinée à garder habituellement.

Perpendiculairement à l'arc, une grande aiguille blanche est destinée à se peindre sur l'œil observé où elle désigne tel ou tel chiffre de la couronne blanche du disque.

Les mires.

Au moyen de procédés mécaniques, il a été possible de fabriquer les mires chacune en une seule pièce. Les parties qui sont destinées à être réfléchies par la cornée sont couvertes d'une

Fig. 14.

couche de blanc qui peut se laver; le reste est noirci. Deux carrés de velours noir servent de fond aux mires pour augmenter par contraste l'intensité des images cornéennes. Ces carrés de velours peuvent glisser verticalement entre les cadres des mires, ce qui permet de faire disparaître à volonté l'ombre jetée par ces écrans sur la division de l'arc de cercle. Les contours des deux mires forment des carrés de 60 millimètres. Chacune porte au milieu une ligne de foi horizontale noire.

Nous appellerons mire rectangulaire celle qui est habituellement à gauche (A, fig. 14). L'autre portera le nom de mire à gradins (B, fig. 14). La mire à gradins est ainsi nommée parce que sa surface blanche est découpée en un certain nombre de gradins de 5 millimètres de largeur et de 10 millimètres de hauteur dont la disposition est représentée par la figure. Ses bords horizontaux présentent de plus deux petits carrés de 5 millimètres chacun qui n'ont pas été marqués sur le dessin.

La surface blanche de la mire rectangulaire mesure 60 millimètres de hauteur et 30 millimètres de largeur. Sous cette

mire est fixée, par un ressort, une goupille qui sert à l'immobiliser habituellement en regard de la division 20 de l'arc.

Sur la figure 14, les mires sont représentées deux fois : on en verra plus loin l'utilité.

Un bouton fixé sous la mire à gradins sert de point d'appui à l'index de l'opérateur quand il veut la faire glisser.

Les milieux des côtés latéraux externes de chaque mire portent chacun une aiguille blanche qui se peint sur la cornée de l'œil observé et qui désigne des chiffres du disque, tout comme l'aiguille indiquée à la fin du paragraphe précédent.

Il est nécessaire que la mire à gradins glisse à frottement aussi doux que possible sur l'arc de cercle. Ce résultat est obtenu grâce à l'élasticité du métal qui a été recourbé pour former la patte. Quand cette mire oppose trop de résistance, il suffit de l'enlever de l'arc et d'élargir un peu l'ouverture du pied. Si elle devenait trop lâche, au point de glisser par son propre poids quand l'arc est vertical, il faudrait la retirer et augmenter le serrage en comprimant la patte entre les doigts.

Le disque.

Le diamètre du disque kératoskopique est de 640 millimètres. Afin d'obtenir un éclairage égal des deux mires dans la position verticale de l'arc de cercle, on a donné au disque une inclinaison de 20 degrés par rapport à la verticale.

Le plan du disque formant un angle de 90 degrés avec l'axe de la lunette, celle-ci fait avec l'horizontale un angle de 20 degrés.

La partie inférieure du disque est percée de deux larges ouvertures servant à passer les mains pour la manœuvre des mires. Dans sa partie supérieure, se trouve un trou rond pour la mise en position de la lunette et une fente horizontale permettant de voir à la fois les deux yeux du patient.

Sur le disque sont tracés des cercles concentriques et des rayons qui forment un double système de *parallèles* et de *méridiens* comme sur une carte géographique. Vus du point occupé par l'œil observé, les cercles paraissent équidistants parce que leurs rayons croissent selon la loi des tangentes. Le centre

du disque ayant été enlevé pour faire place au tube de la lunette, le numérotage des cercles parallèles commence avec le chiffre 5; il finit à 45 degrés. Par conséquent, le disque entier occupe pour l'œil observé une étendue de 90 degrés.

Les cercles sont dessinés en blanc sur un fond noir; ceux de 15 et 30 degrés sont plus épais que les autres et apparaissent très distinctement dans les images cornéennes. Les petits chiffres noirs inscrits sur ces deux cercles servent à numéroter les méridiens depuis 0 jusqu'à 360, de même que les chiffres blancs inscrits le long des rayons situés à 45 degrés servent à numéroter en degrés les cercles parallèles. Ce double système de graduation sert à désigner un point de fixation à l'œil observé pour faire l'ophthalmométrie en dehors de la ligne visuelle. Il peut servir aussi pour faire la périmétrie.

Sur le bord du disque, une large couronne blanche, laissée entre les cercles de 40 et 45 degrés, porte une division en degrés et des chiffres de 15 en 15 degrés. Ces chiffres sont renversés sur le disque afin d'apparaître droits sur les images cornéennes. Au lieu d'aller de 0 degré à 360 degrés comme les petits chiffres noirs, ils se répètent deux fois de 0 degré à 180 degrés.

Sur le diamètre horizontal du côté gauche du disque, on remarque les chiffres « 35, 40, 45, 50 dioptries ». Quand, par le dédoublement des images cornéennes, les cercles parallèles ainsi numérotés deviennent tangents à eux-mêmes dans un méridien quelconque, ces chiffres indiquent la force de réfraction en dioptries de la cornée dans ce méridien. Sur ce même diamètre horizontal, du côté opposé du disque, on lit les chiffres : « 3, 4, 5, diamètre de la pupille », qui peuvent servir à mesurer la pupille, à condition d'éclairer l'iris de l'œil observé : le numéro du cercle qui coïncide avec la pupille indique le diamètre de la pupille en millimètres.

La lunette.

Le système optique se compose de deux objectifs LL' (fig. 15) entre lesquels est placé un prisme biréfringent de Wollaston,

d'un oculaire positif de 56 dioptries, et d'un réticule. Le tout est porté par un tube de longueur invariable.

Tout le système objectif peut se retirer en saisissant le cône C qui est en avant de la lunette et tirant vigoureusement en avant sans tourner, car le système porte une goupille qui assure la position du plan de dédoublement par rapport à l'arc de cercle. Quand on le remet en place, il faut le pousser bien à fond sous peine de dérégler l'instrument.

Les deux objectifs sont identiques; leur diamètre est de 40 millimètres et leur distance focale de 280 millimètres. Ces

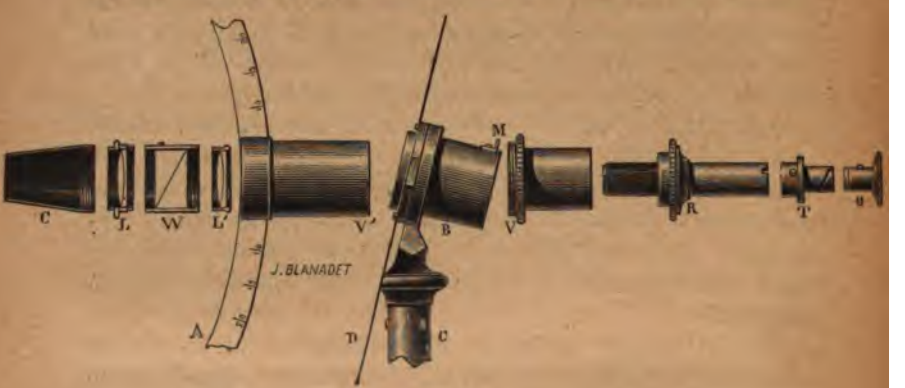


Fig. 15.

deux lentilles sont achromatiques et aplanétiques, avec cette particularité que les flint sont du côté des rayons parallèles, c'est-à-dire que les crown sont tournés, l'un vers l'œil observé, l'autre vers l'oculaire. La position du réticule est telle que la mise au point de la lunette se fait, quand l'objet observé se trouve au foyer de la lentille antérieure, c'est-à-dire que les rayons lumineux sont parallèles entre les deux objectifs.

Le dédoublement donné par le prisme biréfringent de Wollaston est de $2^{mm},95$ pour la distance où il est placé de l'œil observé. L'exactitude de dédoublement et de collage du prisme biréfringent est obtenue par un outillage spécial, et vérifiée au moyen du bel instrument que M. Laurent a construit à cet effet.

Rien n'a été épargné pour obtenir l'exactitude d'exécution de

ce prisme et des objectifs; ces trois pièces font réellement honneur aux artistes qui les exécutent avec une régularité suffisante pour assurer le bon fonctionnement de l'instrument.

En avant du tube de la lunette, on remarque un cône C dont l'ouverture antérieure est de 30 millimètres et qui peut se dévisser pour le nettoyage de l'objectif antérieur, ce qui doit être fait de temps en temps.

Quand le tube porte-objectif est sorti, on peut également dévisser les objectifs pour nettoyer leurs faces intérieures et les faces du prisme; il est extrêmement rare que cette opération soit utile.

L'oculaire O est facile à retirer pour le nettoyage. Une division tracée le long de la fente en hélice où se meut une goupille permet à chacun de remettre toujours l'oculaire au même point. Les divisions correspondent chacune à un déplacement d'un millimètre de l'oculaire, et chaque millimètre correspond à peu près à une variation de trois dioptries de l'œil de l'observateur. Aussi un emmétrope mettant l'oculaire à zéro, un myope de six dioptries le mettra à la deuxième division. L'oculaire se meut dans un tube porte-oculaire T, muni d'une goupille, et qu'on peut sortir en tirant énergiquement : ne le sortez que si le réticule avait besoin d'une réparation.

Le tube de la lunette tourne tout entier dans le tube fixe B qui se trouve derrière le disque D. Pour démonter la lunette, on fixe d'une main l'arc de cercle avec l'objectif pendant que l'autre dévisse le tube de manière à séparer V de V' (fig. 13).

On peut alors, en tirant, sortir le tube en avant du disque. Cette opération ne doit jamais être faite que si le mouvement de rotation de l'instrument autour de son axe laissait à désirer. Si le mouvement est trop doux, il faut essuyer le tube et le remettre en place; s'il est trop dur, il faut ajouter un peu d'huile, puis remonter le tube en vissant l'une dans l'autre les pièces. Deux crans sur le tube fixe de la lunette servent à la mise en position de l'instrument; ils forment un chercheur qui permet, en visant comme avec un fusil, de diriger la lunette approximativement vers l'œil observé.

La lunette est soutenue par une colonne en laiton C qui est fixée sur un triangle en fonte qui glisse sur la tablette.

La branche postérieure du pied est soutenue par une vis des-

tinée à régler les mouvements verticaux de la lunette. La position moyenne de cette vis calante correspond à la position moyenne des yeux observés, et sa longueur est telle qu'il est impossible de sortir des limites des positions utiles de l'instrument.

Une seconde coulisse, située plus en avant, est destinée à servir quand on veut employer un dédoublement moitié moindre, ce qui exige un objectif de rechange, qui n'est livré que sur demande, moyennant un supplément de prix.

Cet objectif est utile par les temps très sombres et aussi pour certaines mesures très précises de rayon de courbure.

Quand on ne se sert pas de l'instrument, on met la vis calante dans cette seconde coulisse, pour éviter qu'un passant maladroit vienne à accrocher le tube de la lunette.

La planchette.

Dans le sens horizontal, les mouvements de l'instrument sont limités de la même manière par la longueur de la coulisse dans laquelle glisse la vis d'arrière et par des arrêts latéraux pour les deux branches antérieures du triangle. Tandis que la vis qui porte la branche postérieure se meut dans une rainure, les pieds des branches antérieures glissent sur des plaquettes de métal. — Si ces mouvements devenaient trop rudes, on peut les adoucir au moyen d'une goutte d'huile ou d'un peu de vaseline.

L'appui-tête.

A droite et à gauche de la partie supérieure de la fenêtre pratiquée dans la planchette pour recevoir la tête du malade, on remarque deux rectangles blancs qui désignent les limites de la hauteur où il est permis de placer les yeux du sujet observé.

La mentonnière qui sert d'appui au menton du sujet examiné est supportée par une crémaillère dont les crans servent à monter ou à descendre la tête du sujet, de manière à placer ses yeux à une hauteur comprise entre le haut et le bas

des rectangles blancs dont nous venons de parler. Les quatre positions inférieures de la mentonnière servent à l'examen des yeux humains. Quand on la soulève le plus possible, le bas de la tige vient se poser sur le verrou et alors les yeux artificiels sont amenés à hauteur convenable pour être observés. Il suffit de tirer le verrou de la crémaillère pour faire retomber la mentonnière.

Les quatre yeux artificiels qui sont fixés sur la face antérieure de la mentonnière sont destinés à exercer les commençants.

L'éclairage artificiel.

La planchette porte deux pas de vis sur lesquels on peut monter des becs de gaz; le système Auer est préférable, donnant moins de chaleur et plus de lumière que le gaz ordinaire. L'éclairage artificiel, bien inférieur à celui d'un beau jour, n'est à peu près suffisant qu'en joignant aux becs un réflecteur spécial dont le prix est malheureusement un peu élevé.

Il faut à l'appareil d'éclairage ajouter une feuille de papier qu'on pose sur la tête du patient pour le protéger contre la chaleur.

III

INSTRUCTION

POUR L'EMPLOI DE L'OPHTALMOMÈTRE

(MODÈLE DE 1889)

Par le Docteur MOTAIS

Angers, mars 1890.

Comme pour l'ophtalmoscope, il vaut mieux commencer par l'essai sur les yeux artificiels. Ces yeux sont fixés en avant de la mentonnière.

Nous décrirons d'abord le mode d'emploi de l'ophtalmomètre avec les yeux artificiels. Nous indiquerons ensuite les modifications apportées pour l'examen sur le vivant.

1° Ophtalmométrie des yeux artificiels.

A. Position de l'instrument.

L'ophtalmomètre sera placé sur une table de $0^m,74$ de hauteur (hauteur ordinaire), de $0^m,50$ à $0^m,60$ de profondeur et de $0^m,70$ à $0^m,80$ de largeur (largeur strictement nécessaire pour éviter un choc contre le disque de l'instrument en passant près de la table); on surélève cette table en fixant sous ses pieds les roulettes fournies avec l'instrument, et qu'on place de manière à permettre de rouler facilement la table vers la fenêtre. L'observateur s'assied sur un tabouret d'environ 30 centimètres de haut. — Sur demande, M. Goubeaux fournit la table et le tabouret.

B. Éclairage.

L'éclairage doit être aussi abondant que possible. La grande dimension du disque empêche l'observateur d'être ébloui par la lumière incidente.

Pour l'éclairage naturel, il faut placer l'instrument aussi près que possible d'une large fenêtre. Il est bon que les vitres soient en verre dépoli depuis le bas de la fenêtre jusqu'à $1^m,40$ au-dessus du sol. Il est nécessaire en hiver, et utile en toute saison, d'enlever les rideaux appliqués sur les vitres. On fera monter ces rideaux sur une baguette avec poulie externe, en sorte qu'ils soient déplacés tout d'une pièce et n'enlèvent rien du jour venant d'en haut.

Dans un cabinet qui n'est pas masqué par des habitations voisines, on peut se servir de l'ophtalmomètre pour des déterminations suffisamment précises, même en hiver. Un bon éclairage donne une précision qui dépasse 1/4 de dioptrie.

Dans certains jours exceptionnellement sombres, ou le soir, on pourra se servir d'un éclairage artificiel. Si l'on dispose d'électricité, le mieux est de se procurer des mires spéciales montées avec des lampes à incandescence qui les éclairent par transparence et de fixer aussi, pour éclairer le disque, des lampes à incandescence sur les pas de vis destinés à recevoir les becs de gaz et le réflecteur.

C. — Premier temps.

Mise au point de l'oculaire. — Recherche de l'œil. Mise au point de l'instrument.

Avant toute autre recherche, on tourne l'oculaire jusqu'à ce qu'on aperçoive nettement les deux lignes noires du réticule qui se croisent perpendiculairement.

Remarquons toutefois qu'on doit *attirer* aussi loin que possible *vers soi* l'oculaire, sans cesser de voir les fils parfaitement nets. La mise au point *en poussant* impliquerait un effort d'accomodation; on n'aurait aucune précision dans la mesure des rayons de courbure et on se fatiguerait inutilement.

Pour chaque observateur, l'oculaire doit toujours rester dans cette position à laquelle on le ramène, avant tout examen, s'il en a été écarté.

On s'assure en outre que la vis calante du trépied est à peu près au milieu de sa course pour permettre d'agir, soit dans un sens, soit dans l'autre, et qu'elle est à peu près au milieu de la coulisse.

Après avoir placé l'arc horizontalement et placé la mire à gradins au chiffre 25, on procède à la recherche de l'œil qu'on veut examiner.

On commence par monter la mentonnière jusqu'au bout de sa course.

Les deux mains placées sur le support en fonte de l'instrument, on déplace celui-ci latéralement jusqu'à ce que, le regard dirigé par les deux entailles en V situées au-dessus du tube de l'instrument, on découvre l'un des yeux artificiels.

On regarde ensuite à travers le tube.

Le plus souvent, malgré la première recherche avec l'encoche M (fig. 15), on n'aperçoit pas l'œil.

On imprime alors de *très légers* mouvements latéraux à l'instrument, dans un sens ou dans l'autre.

Si les mouvements latéraux ne donnent rien, c'est que le tube est trop incliné en bas ou en haut.

Replaçant donc l'instrument dans sa direction première en se guidant sur les encoches en V, on tourne la vis calante successivement dans un sens et dans l'autre.

Après quelques tâtonnements de ce genre, on finit par apercevoir l'image du disque.

Il ne s'agit plus que de mettre au point.

Une main sur le triangle en fonte et l'autre sur la vis, on pousse l'instrument, soit en avant, soit en arrière, suivant que l'image se dessine de plus en plus nettement, dans un sens ou dans l'autre.

Mais en attirant l'instrument, l'image s'élève ; en le poussant, elle s'abaisse, et, dans les deux cas, disparaîtrait tout à fait, si la main placée sur la vis ne la ramenait pas en tournant dans le sens voulu.

Il peut se faire aussi que dans ce mouvement en avant ou en arrière, l'image se déplace latéralement. Rien de plus facile que

de la ramener en faisant glisser latéralement le triangle de fonte.

L'image devient assez nette. On arrive au maximum de netteté par de petits mouvements en avant ou en arrière.

On voit alors se dessiner sur l'œil deux disques empiétant l'un sur l'autre, et au milieu de la partie commune aux deux disques, on voit : 1° Une *mire à gradins* blanche, traversée dans son centre par une *ligne de foi* noire ; 2° une mire rectangulaire blanche traversée également par une *ligne de foi* noire. *On ne tient compte que de ces mires centrales*, en négligeant celles qui se dessinent sur les bords des disques, mais qui doivent être aperçues toutes deux aux limites du champ quand l'instrument est bien centré.

On remarque alors exactement la position de la vis calante, pour éviter les tâtonnements ultérieurs.

D. — Deuxième temps.

Nivellation. — Contact.

Si l'œil examiné est astigmatique, on voit aisément que les lignes de foi ne sont pas situées dans la même direction. On les y ramène, en tournant avec la main gauche le tube de l'instrument soit à gauche, soit à droite, suivant que la tendance à la jonction se fait plus vite dans un sens ou dans l'autre. En même temps, de la main droite, on fait glisser la mire à gradins jusqu'à ce que son image soit très voisine de celle de la mire rectangulaire. (Voy. plus haut, fig. 14, p. 19.)

Les deux lignes de foi étant bien dans la même direction, on établit le contact en faisant glisser en dedans la mire à gradins. On obtient alors la disposition représentée par la figure 16. A ce moment, il faut avoir grand soin de mettre au point par le déplacement de l'instrument *en totalité*. Ne pas agir sur l'oculaire qui a été d'avance mis au point pour le réticule, et dans la mise au point de l'instrument, tirer à soi tant qu'on peut, sans cesser de voir nettement les mires : il en résulte que le disque, dont l'image est plus loin, est un peu flou.

Après avoir lu le chiffre marqué par la grande aiguille, on

tourne de 90 degrés, c'est-à-dire jusqu'à ce que les aiguilles des mires tombent sur le numéro marqué précédemment par la grande aiguille; dans ce mouvement, on doit généralement tourner le tube de l'instrument *de gauche à droite*, de sorte que la mire à gradins puisse toujours être saisie à travers l'une des fenêtres du disque.

Si, après cette rotation de 90 degrés, il reste de la dénivellation, on la supprime en tournant de quelques degrés en deçà ou au delà.

On constate alors que les mires *empiètent* l'une sur l'autre, empiètement qui se manifeste par une teinte blanche sur certains degrés de la mire à gradins (fig. 17). Cette teinte tranche bien par son éclat laiteux sur le reste de l'image de la mire à gradins.

Il y a, dans ce cas, *astigmatisme selon la règle*, c'est-à-dire que

Fig. 16.

Fig. 17.

le méridien *le plus réfringent* est *vertical* ou se rapproche de la verticale.

On lit le nombre de gradins empiétés; autant de gradins blancs, autant de dioptries d'astigmatisme; autant de fractions de gradins, autant de fractions de dioptries. Par exemple, si l'on obtient les dispositions représentées par la figure 5, on lit 1,5 dioptries.

Voilà pour le degré de l'astigmatisme. Quant à la position du méridien, elle est donnée par le chiffre marqué sur le pourtour du disque par les aiguilles des mires lors de la *seconde* position, ou par la grande aiguille lors de la *première* position pour les yeux artificiels, qui sont concaves. Ces chiffres apparaissent renversés.

Si les mires, au lieu d'empiéter l'une sur l'autre, s'écartent au contraire, nous avons un astigmatisme contre la règle. Le

méridien le plus réfringent est horizontal ou dans le voisinage de l'horizontale.

Dans ce cas, la mesure s'obtient approximativement au moyen des deux petits carrés blancs qu'on voit sur le bord de la mire à gradins, et qui valent chacun une dioptrie; mais la mesure ainsi faite est très inexacte, à cause du chromatisme de l'appareil (le prisme de Wollaston ne peut pas être achromatisé). — Il faut donc, dans la seconde portion de l'arc, établir le contact en déplaçant la mire à gradins, et lire l'astigmatisme après avoir ramené l'arc à la position voisine de l'horizontale.

Parmi les yeux artificiels joints à l'appareil, les deux du milieu sont astigmates. Les deux autres sont sphériques d'environ 7.5 et 8 de rayon ou de 45 et 42.8 dioptries.

On obtient ces chiffres de dioptries *en ajoutant 20* à la lecture de la position de la mire à gradins, la mire rectangulaire étant calée à 20° à gauche de la lunette.

Après un exercice suffisant sur les yeux artificiels, l'examen du malade deviendra facile. Nous allons maintenant indiquer les modifications à l'emploi de l'ophtalmomètre sur le vivant, en reprenant successivement chacun des paragraphes qui précèdent.

2° Examen des malades.

A'. — Position de l'instrument.

L'ophtalmomètre ayant été placé sur la table, le malade adulte de taille ordinaire s'assiéra sur une chaise ordinaire, on ajoutera un coussin pour les sujets de petite taille et les enfants de douze à quinze ans. On fera tenir debout les enfants plus petits ou bien on les mettra à genoux sur la chaise, avec ou sans coussin, après l'avoir retournée.

Le malade enlèvera les vêtements qui pourraient mettre obstacle à l'éclairage (chapeaux de dames, manteaux flottants, larges blouses des paysans, etc.).

La chaise étant placée *tout à fait contre la fenêtre*, le malade étant assis, on approche la table *le plus près possible de lui*. Il place son menton dans la fenêtre de la planchette. En général,

la mentonnière reste fixée au second cran. Pour les têtes très grandes, on la laisse tomber au premier cran. Pour les enfants, on la remonte au troisième ou au quatrième.

Puis, le malade, pour assurer la fixité de la tête, appuie le front contre la partie supérieure de l'appui-tête. Après s'être assuré, en regardant à travers la fente horizontale du disque, de la parfaite horizontalité du plan des yeux du patient, on recouvre de l'opercule celui des yeux qu'on veut examiner en second. Puis on recommande au sujet de regarder le centre de l'orifice du tube et de conserver cette position pendant tout le cours de l'examen. Le moindre dérangement obligerait à tout recommencer.

Chez certains malades nerveux (enfants, nystagmiques, photophobes, etc.), on se trouvera bien d'instiller au préalable quelques gouttes de cocaïne. Nous avons pu, grâce à la cocaïne, poser un diagnostic ophtalmométrique sur des yeux qui semblaient absolument rebelles à l'examen.

Les yeux du malade devront être largement ouverts, pour que les cils n'interceptent pas une partie de l'image du disque.

B'. — Éclairage.

Nous n'avons rien à dire de particulier sur l'éclairage pour l'examen sur le vivant. Pour nous, nous n'avons trouvé que de très rares jours d'hiver pendant lesquels nous n'avons pu, de 11 heures à 3 heures, faire un diagnostic ophtalmométrique suffisamment précis. Si la fenêtre donne sur une rue ou une cour étroite, dans la position verticale de l'arc, la mire rectangulaire est moins éclairée que la mire à gradins, et il est utile de garnir la fenêtre de verres dépolis jusqu'à $1^{m},40$ au-dessus du parquet. — Au contraire, si l'on prend jour sur un large espace découvert, la tête du malade porte ombre sur la mire inférieure et il est avantageux de mettre la table obliquement, sauf à nuire un peu à l'égalité d'éclairage des mires lors de la position horizontale.

Si l'on fait usage des becs de gaz, ne pas manquer d'abriter la tête du patient contre la chaleur, en la couvrant d'une feuille de papier, et avoir soin d'essuyer le réflecteur chaque fois avec une peau imprégnée d'un peu de noir de fumée.

C'. — Premier temps.

Mise au point de l'oculaire. — Recherche de l'œil.
Mise au point de l'instrument.

L'oculaire étant mis au point, comme nous l'avons indiqué dans le paragraphe correspondant, la recherche de l'œil se fait absolument comme pour l'œil artificiel, avec cet avantage qu'on est guidé par les sourcils, qui viennent dans le champ quand on vise trop haut. Une difficulté provient de ce que les yeux vivants étant tantôt plus haut, tantôt plus bas, tantôt plus loin, tantôt plus près, on ne peut pas noter, une fois pour toutes, la position de la vis calante. Les commençants feront sagement, toutes les fois qu'ils auront bien mis au point pour un œil, de viser cet œil au moyen du chercheur, puis de tout déranger et de chercher de nouveau, en visant par les encoches du chercheur : ils s'épargneront ainsi beaucoup de temps pour plus tard.

Il arrive *très souvent* que, pendant l'examen, le malade cesse de toucher la planchette avec son front : il faut constamment le rappeler à cette nécessité, si l'on remarque des variations dans la netteté des images.

D'. — Deuxième temps.

Nivellation. — Contact.

Il peut arriver exceptionnellement que les lignes de foi de la mire à gradins et de la mire rectangulaire soient placées exactement dans la même direction dans la première position de l'instrument. Le deuxième temps est alors supprimé, la nivellation existant d'avance. Il n'y a pas d'astigmatisme, à moins qu'on ne soit tombé juste sur l'un des méridiens principaux, ce que l'on vérifiera par l'empiétement ou l'écartement dans le troisième temps.

Dans le cas d'astigmatisme irrégulier, les directions des mires peuvent être très variables, leurs bords déchiquetés et les

lignes de foi sinueuses. Il est rare cependant qu'on n'arrive pas à une nivellation approximative.

Pour peu que les mires ou les lignes de foi accusent des formes irrégulières, il est *indispensable* de regarder le disque kératoscopique et de voir si les trois cercles de ce disque sont réguliers et concentriques : c'est ainsi qu'on fait le diagnostic de l'astigmatisme irrégulier et des décentrations fortes de la cornée.

E'. — Troisième temps.

Empiétement.

Au moment où l'on tourne l'instrument de 90 degrés (deuxième position), on doit bien recommander au malade de fixer l'orifice du tube, sans détourner le regard, et d'ouvrir largement les paupières pour que l'image de la mire rectangulaire ne soit pas masquée par les cils.

Si l'œil du malade s'est déplacé, il est nécessaire de revenir à la première position (arc horizontal) et de tout recommencer.

Dans l'astigmatisme irrégulier, la ligne d'empiétement ne sera pas nette, mais on pourra la déterminer à peu près et le plus souvent cette détermination approximative rendra un service très appréciable au malade.

La lecture des chiffres peut être difficile, surtout par un éclairage peu intense, la mise au point n'étant pas tout à fait la même pour les mires et le pourtour du disque. Il faut en tenir compte en poussant un peu l'appareil quand on veut lire les chiffres.

Si une partie du pourtour du disque est cachée, cela peut tenir à ce que l'œil du malade est placé trop près du contour de la fenêtre de la planchette. Il arrive souvent aussi que le nez du patient empêche l'image d'une partie de la couronne du disque de se former sur la cornée : si cet inconvénient devenait gênant, on y remédierait en faisant exécuter à la tête du patient une légère rotation autour de son axe vertical.

Résultat de l'examen ophtalmométrique.

L'ophtalmomètre donne :

1° L'axe du méridien principal le plus réfringent de la surface cornéenne ;

2° Le degré d'astigmatisme.

Pour la recherche du méridien, parlant du modèle de 1881, on pouvait dire : « Quand l'astigmatisme dépasse deux dioptries, je pense qu'on peut être certain de ne pas se tromper de 5 degrés. J'ai pris l'habitude, quand l'astigmatisme est faible, d'inscrire seulement les angles 0,15, 30, etc., avouant ainsi une erreur possible de 10 degrés, très acceptable pour des verres inférieurs à une dioptrie, tandis que la même erreur serait intolérable pour des verres forts. — On peut parfaitement se contenter d'inscrire alors les angles 0, 5, 10, 15, etc.; une précision plus grande est inutile : elle dépasse d'ailleurs celle de l'ouvrier chargé de monter les verres. » — (Javal, *Quatrième contribution à l'ophtalmométrie.*)

Avec le modèle de 1889, la précision est bien plus grande. On arrive à ne pas se tromper de 2 degrés dans les cas d'astigmatisme fort et il faut toujours chercher à 5 degrés près. — On fait une première lecture avec la grande aiguille dans la première position de l'arc et une seconde lecture avec une des petites aiguilles dans la seconde position. On les inscrit toutes deux. Si les chiffres ainsi obtenus ne sont pas identiques, on a mal observé ou les méridiens ne sont pas perpendiculaires et alors il faut le constater.

Pour le degré de l'astigmatisme, « quand on opère bien, l'erreur commise dans la mesure de l'astigmatisme cornéen ne dépasse pas un quart de dioptrie. Puisque nous inscrivons par quarts, il est clair que, pour un astigmatisme compris entre 0,75 et 1, par exemple, il arrive d'inscrire un jour 0,75 et un autre jour 1, et que cela ne constitue pas une erreur de 0,25. Si l'astigmatisme d'un œil est exactement 1, par exemple, je suis sûr de ne pas inscrire 0,75 ni 1,25 : tel est le degré de précision de notre instrument. » (Javal, *loco citato.*)

Dans un grand nombre de cas, le résultat ophtalmométrique serait donc plus précis qu'il ne faudrait pour parvenir à l'ordonnance des verres.

Toutefois, il est indispensable de le contrôler par l'examen subjectif, pour les raisons suivantes :

1° Les sujets doués d'une amplitude d'accommodation assez élevée n'acceptent pas, le plus souvent, le verre exactement correcteur de l'astigmatisme, parce qu'ils ont pris l'habitude de corriger par des contractions partielles du muscle ciliaire le vice de réfraction de la cornée.

L'examen subjectif déterminera jusqu'à quel degré va leur tolérance.

2° L'ophtalmomètre mesure bien l'astigmatisme cornéen, mais l'expérience a prouvé que le résultat de l'examen subjectif s'écarte souvent de celui de l'examen ophtalmométrique dans les conditions et proportions suivantes.

Dans l'astigmatisme *faible selon la règle*, la mesure ophtalmométrique est de 0 dioptrie 25 à 0,5 plus forte que la mesure subjective avec atropine ; dans l'astigmatisme direct *fort*, elle peut être plus faible de 0,5 à 1 dioptrie.

Dans l'astigmatisme *contraire à la règle*, la mesure ophtalmométrique est toujours plus faible de 0,25 à 0,75.

En sorte que lorsqu'on ne trouve pas du tout d'astigmatisme *cornéen* à l'ophtalmomètre, il est très probable qu'il existe cependant un astigmatisme réel, *contraire à la règle*, de 0,25 à 0,5.

Cet astigmatisme tient à une disposition anatomique, l'inclinaison du cristallin signalée par M. Tscherning (*Société française d'ophtalmologie*, 1889) produisant un astigmatisme cristallinien statique qui modifie nécessairement l'astigmatisme cornéen.

Enfin la réfraction sphérique doit être déterminée. L'examen subjectif sera donc indispensable ; mais au lieu d'être très long et parfois impossible, il deviendra des plus simples par les indications ophtalmométriques.

On pourra, dans certains cas, le remplacer par le skiascopie.

Avantages du modèle de 1889.

Malgré une réduction de prix importante, le modèle construit par M. Goubeaux présente plusieurs avantages.

1° L'ouverture a pu être augmentée grâce aux formules de

M. Potier qui ont servi à M. Tscherning pour calculer les objectifs; il y a près de deux fois plus de lumière que dans l'ancien modèle.

2° Les lignes de foi des mires permettent de bien mieux trouver les méridiens par la dénivellation.

3° Le grand disque permet à l'observateur de lire les angles sans retirer son œil de l'oculaire et la grande aiguille permet de voir sans calcul si les méridiens principaux sont perpendiculaires entre eux. — On pourrait ajouter que le disque protège l'observateur contre la lumière et empêche les images provenant de l'observateur ou de divers objets d'être projetées sur l'œil observé, et que le disque est toujours en place pour faire la kératoscopie et pour étudier les décentrations.

4° L'inclinaison de l'instrument permet de voir, dans la position verticale de l'arc, la mire rectangulaire à peu près aussi éclairée que la mire à gradins, quand on ne dispose pas d'une fenêtre donnant sur une grande étendue de ciel, mais elle a l'inconvénient d'obliger l'observateur à s'asseoir très bas et de rendre la recherche de l'œil plus difficile.

Cette instruction longue et abondante en détails pourrait faire supposer que l'emploi de l'ophtalmomètre présente de grandes difficultés. Ce serait une erreur.

Les premiers essais, il est vrai, sont assez laborieux lorsqu'on est abandonné à soi-même. Un petit obstacle peut arrêter longtemps au début, lorsqu'on n'a personne à qui demander conseil. Le but de cette instruction est de venir en aide aux ophtalmologistes de province, en s'attachant minutieusement à prévoir les petites difficultés de la pratique. Ses lecteurs se trouveront donc dans de meilleures conditions que nous-même.

Cependant notre expérience personnelle nous permet d'affirmer que, dès les premiers jours, les essais sont encouragés par des diagnostics assez précis et qu'un mois, au maximum, suffit pour apprendre à déterminer un astigmatisme en quelques minutes et sans hésitation. Il devient bien difficile de s'en passer, quand on a commencé sérieusement à en faire usage.

Dr MOTAIS (d'Angers).

Angers, mars 1890.

IV

UN OPHTALMOMÈTRE

par JAVAL

Présentation faite au Congrès ophtalmologique international de Milan, le 1er septembre 1880.

M. Javal présente un instrument qu'il a fait construire par M. Laurent, opticien, à la suite d'expériences faites en commun avec le Dr Schiötz, de Chistiania, dans son laboratoire d'ophtalmologie, à la Sorbonne. Cet instrument est une modification pratique de celui de Helmholtz, construit par Meyerstein. En se servant de trois flammes de gaz, en fixant la lame de verre inférieure et en augmentant le diamètre du cadran, MM. Javal et Schiötz pensent avoir triplé l'exactitude de l'instrument et augmenté daus des proportions énormes la rapidité de son emploi. Par la lecture immédiate des dioptries sur le cadran, ils ont supprimé les calculs et l'emploi des tables. M. Javal insiste sur la très grande facilité pratique obtenue ainsi dans la détermination de l'astigmatisme chez les opérés de cataracte. En deux ou trois minutes,on peut déterminer les verres correcteurs de leur astigmatisme, résultat d'autant plus utile que l'astigmatisme produit par l'opération est une très grande cause de gêne pour ces malades, dont la pupille est devenue irrégulière et contient si souvent des opacités provenant de débris capsulaires. Bien moins fragile que celui de Meyerstein, le nouvel instrument est d'un prix moitié moins élevé.

M. Schiötz présente les résultats des mensurations qu'il a faites avec le nouvel ophtalmomètre. Après avoir mesuré l'astigmatisme total de treize yeux fortement astigmates avec l'optomètre Javal et l'astigmatisme cornéen avec l'ophtalmomètre,

il a trouvé généralement qu'il restait, par différence, environ une dioptrie pour l'astigmatisme du cristallin, résultat qui a été confirmé en mesurant l'astigmatisme du cristallin au moyen de l'optomètre, après avoir supprimé la réfraction de la cornée au moyen d'une petite cuve pleine d'eau, limitée en avant par une glace et qui s'adaptait devant l'œil du malade; le plan de ces expériences avait été déjà tracé par M. Javal dans la première édition de De Wecker. Le nombre des yeux actuellement mesurés est trop petit pour tirer une conséquence générale des mensurations qui ont été faites jusqu'ici.

Au cours de ses essais, en prenant pour objet une lentille convexe de verre sphérique, M. Schiötz s'est aperçu qu'il obtenait dans différents méridiens des résultats différents; cette cause d'erreur est due à l'astigmatisme de l'observateur; il suffit d'une demi-dioptrie d'astigmatisme pour fausser considérablement les résultats; il a fallu joindre à l'instrument une bague destinée à recevoir chaque fois le verre cylindrique corrigeant exactement l'astigmatisme de l'observateur. C'est par l'astigmatisme que M. Javal explique l'erreur personnelle de collimation des astronomes. Dans l'appareil définitif, cette cause d'erreur sera supprimée.

M. Dor demande à M. Javal qu'il fixe les conditions dans lesquelles l'œil doit être mis pour qu'il soit examiné sous l'eau.

M. Javal. La cuvette dont nous nous servons est simplement l'ancienne *cocotte* ou bain d'œil, dont on remplace le fond par un verre plan, et qu'on remplit d'eau tiède. Après quelques instants, l'œil s'habitue aisément à rester ouvert dans l'eau, ainsi que l'avait déjà dit Thomas Young. Pour les personnes dont l'astigmatisme cornéen est le plus irrégulier, on obtient ainsi une acuité visuelle tout à fait normale, si l'on a soin de remplacer la réfraction cornéenne par celle d'un verre sphérique; le petit bain oculaire peut ainsi servir non seulement pour des recherches théoriques, mais aussi pour donner passagèrement une vue excellente aux personnes atteintes de kératocône ou d'autres défauts cornéens qui échappent à la correction parfaite par les verres.

V

UN OPHTALMOMÈTRE PRATIQUE

Par JAVAL ET SCHIÖTZ

(Congrès international médical de Londres, 1881.)

MM. JAVAL et SCHIÖTZ présentent un ophtalmomètre qui leur sert à mesurer l'astigmatisme cornéen avec une précision et une rapidité extrêmes. Partant de l'ophtalmomètre de Helmholtz, les auteurs ont voulu :

1. — Supprimer l'erreur de collimation, ce qui est obtenu en remplaçant les plaques héliométriques par un cristal bi-réfrigent ;

2. — Supprimer tous les calculs et permettre de lire immédiatement en dioptries la réfraction de chaque méridien ;

3. — Diminuer le nombre des lectures pour chaque position, en augmentant assez la précision de l'instrument pour qu'on ait toute sécurité en se bornant à une seule lecture ;

4. — Quand on recherche seulement l'astigmatisme, permettre de trouver immédiatement les méridiens de courbure maxima et minima, ce qui réduit dans une mesure énorme le travail à faire dans ce cas particulier, qui est le cas ordinaire ;

5. — Rendre inutile l'emploi d'une chambre spéciale, en disposant les choses de manière à pouvoir travailler en plein jour ;

6. — Diminuer suffisamment les dimensions de l'instrument pour qu'il soit facile de le poser, tout prêt à fonctionner, sur une table quelconque ;

7. — Réduire d'au moins moitié son prix, condition tout à fait nécessaire pour vulgariser l'emploi de cet indispensable instrument ;

Au cours de leurs recherches, MM. Javal et Schiötz ont trouvé que, dans un grand nombre de cas, l'astigmatisme cornéen diffère peu de l'astigmatisme total; ils ont démontré l'existence d'un astigmatisme latent, devenant peu à peu manifeste avec les années.

Pour plus de détails, voir *Annales d'Oculistique*, numéro de juillet-août 1881, et suivants.

[La description qui a paru dans notre article de juillet-août 1881 (*Annales d'Oculistique*) devient inutile pour les lecteurs qui ont sous les yeux la leçon de M. Gavarret, imprimée en tête du présent volume. Pour ceux qui préfèrent l'anglais, nous reproduisons plus loin un excellent article du Dr Swan M. Burnett. — Quant à la partie mathématique, elle fera plus loin l'objet d'un article spécial. Je reproduis seulement les *Résultats* que j'annonçais à Londres en 1881.]

Résultats. Nos mensurations ne portant pas encore sur cent personnes, il n'est pas permis d'en tirer des conclusions définitives (1). Toutefois en excluant les opérés de cataracte et les cornées déformées par d'anciennes inflammations, nous avons trouvé que, parmi trente-quatre yeux dont l'astigmatisme variait de 3 à 10 dioptries, il ne s'en est trouvé que quatre dont l'astigmatisme cornéen était supérieur à l'astigmatisme total. Parmi ces quatre yeux, deux appartenaient à une jeune fille, dont nous avons remesuré l'astigmatisme total après atropinisation, et qui s'est alors trouvée rentrer dans la règle; un autre de ces yeux appartient à un jeune homme de vingt ans. Enfin, pour le quatrième, l'astigmatisme total est 4,7, tandis que l'astigmatisme cornéen est 4,5, et encore ne pouvons-nous pas garantir de n'avoir pas commis une erreur d'une demi-dioptrie dans la mesure subjective.

Il nous est donc permis d'affirmer en règle générale que, chez les adultes affectés d'astigmatisme fort, le cristallin est déformé dans le même sens que la cornée et que l'astigmatisme cornéen diffère peu de l'astigmatisme total.

Nous pouvons affirmer également que, chez les sujets jeunes, l'accommodation agit souvent sur le cristallin avec l'irrégularité voulue pour compenser une partie de l'astigmatisme. Nous pourrions en multiplier les exemples. Bornons-nous à deux.

(1) Dobrowolski avait pressenti, dès 1868, une partie des résultats que nous allons indiquer.

L'un de nous, M. Javal, se souvient parfaitement qu'à seize ans il voyait les étoiles parfaitement rondes, quand il faisait un effort difficile à prolonger. A vingt-quatre ans (1863), son astigmatisme total, mesuré avec le plus grand soin, n'atteignait pas tout à fait deux dioptries ; c'est à peu près le chiffre de son astigmatisme cornéen. — Il s'aperçut d'une augmentation du défaut (1) et publia le fait (*Comptes rendus de la Société de biologie*,

(1) M. Javal communique la note suivante :

Des variations de l'astigmatisme.

Depuis une dizaine d'années, la question de savoir si l'astigmatisme d'un sujet peut varier avec le temps, a été fréquemment agitée. La plupart des observations d'astigmatisme variable appartiennent à des auteurs dont l'autorité est contestée, et les erreurs que contiennent leurs écrits ont jeté un discrédit sur leurs assertions. La mesure exacte de l'astigmatisme est une affaire toujours délicate, et l'auteur de la présente communication eût-il trouvé, à quelques années de distance, une différence de 1/48 dans la mesure de l'astigmatisme d'un malade, il ne se croirait pas autorisé à affirmer qu'il y ait eu variation dans cet astigmatisme.

Cette réserve même devra, ce me semble, rendre digne de foi l'assertion que je viens vous apporter aujourd'hui.

En 1864, mon astigmatisme hypermétropique était de 1/24 à 1/20, et depuis cette époque je n'ai pas cessé de porter des verres cylindriques, plans cylindriques d'abord, et bientôt cylindriques combinés à + 36 convexe.

Au début, pour voir distinctement, j'étais contraint de tenir la tête droite et de regarder par le centre des verres. Depuis un ou deux ans, peu à peu j'ai dû contracter l'habitude de pencher la tête en avant et de regarder par la partie supérieure des verres. Cette direction oblique du regard a pour effet d'augmenter l'action des cylindres, et il en résulte une augmentation très notable de mon acuité visuelle, tandis qu'il y a six ou huit ans l'acuité était diminuée lorsque je regardais par le haut des verres.

Il y a quelques mois, je déterminai à nouveau mon astigmatisme par le moyen de mon optomètre et trouvai environ 1/16 pour chaque œil.

De l'ensemble de ces faits résulte pour moi cette certitude que mon astigmatisme a augmenté d'au moins 1/96. — Une variation aussi faible serait absolument impossible à constater chez autrui, car elle est inférieure aux erreurs de mensuration commises journellement par les praticiens les plus exercés.

Mais la différence très caractéristique de l'attitude de ma tête, lorsque je veux voir le plus distinctement possible avec mon pince-nez, modification qui coïncide avec une différence dans le résultat de la mensuration de mon astigmatisme, suffit pour me convaincre d'une variation survenue dans la grandeur de l'asymétrie dont mes yeux sont affectés.

5 juillet 1873), et actuellement il mesure près de deux dioptries et demie. — Comme second exemple, M. L., âgé de trente-quatre ans en 1865, comptait très exactement, à son œil droit, 4 dioptries; il en mesurait 6 en 1869 et il en mesure 7,5 actuellement. Dès 1874, avec l'atropine, on trouvait 8 dioptries. L'astigmatisme cornéen est 6,5. Les choses se sont passées de même pour son œil gauche.

Il est très rare que la différence entre l'astigmatisme total et celui de la cornée dépasse 1,5 D, et comme, pour un certain nombre de malades, cette différence est destinée à changer de signe avec les années, nous pensons que, *pour les malades des cliniques*, où l'on néglige les cas peu accentués, on peut se borner à prescrire les verres trouvés à l'ophtalmomètre; ce sera en tout cas beaucoup plus exact que ce qui se fait généralement; le peu d'instruction des malades et la brièveté du temps dont on dispose méritent d'être considérés.

Pour les sujets intelligents, un examen supplémentaire, avec des verres, sera l'affaire de quelques instants, car il est bien rare que l'axe du défaut total soit autrement placé que celui de l'astigmatisme cornéen.

Nous ne désespérons d'ailleurs pas, en tenant compte de l'âge, de la réfraction sphérique et de l'astigmatisme cornéen, d'établir des diagrammes qui permettront d'obtenir l'astigmatisme total dans un certain nombre de cas, sans aucune opération subjective.

[Depuis dix ans, je n'ai pas cessé de poursuivre la réalisation de l'engagement pris dans les dernières lignes de cette communication. On trouvera la trace de cette préoccupation dans ce qui suit, et qu'il aurait été facile de condenser; je préfère laisser les résultats se dégager successivement pour mieux apporter la conviction dans les esprits, car il faut une accumulation de preuves pour faire adopter des faits qui sont en contradiction avec les assertions des auteurs les plus respectés et qui sont inexplicables tant qu'on n'abandonnera pas la théorie classique de l'accommodation.]

VI

CONTRIBUTION A L'OPHTALMOMÉTRIE

(*Annales d'oculistique*, 1882, t. LXXXVII p. 213).

Dans un précédent article, j'ai décrit sommairement l'ophtalmomètre que M. Schiötz et moi avons présenté au Congrès de Londres. Depuis cette époque, j'ai mesuré à l'ophtalmomètre des centaines d'yeux. D'autre part, les ophtalmomètres qui ont été commandés au constructeur, M. Laurent, sont tous livrés. Le moment est donc venu d'indiquer d'abord les résultats de mes mensurations; je parlerai ensuite du diagnostic de l'astigmatisme irrégulier, et je terminerai par quelques indications pratiques à l'usage des confrères qui possèdent l'instrument et qui auraient éprouvé quelque difficulté à s'en servir.

Le résultat capital qui se dégage des mensurations faites sur les mêmes yeux avec l'ophtalmomètre et avec l'optomètre, c'est qu'*en règle générale* l'astigmatisme cornéen est légèrement inférieur à l'astigmatisme total. Il en résulte cette conclusion extrêmement utile, qu'on ne fera jamais une faute lourde en se bornant à la mesure ophtalmométrique de l'astigmatisme. Or, cette mensuration se fait en moins d'une minute et permet d'évaluer le quart de dioptrie (1). Il est actuellement tout

(1) La part importante que M. Schiötz a prise à la construction de l'ophtalmomètre me servira, je l'espère, d'excuse, si je me permets ici de faire l'éloge de notre appareil. Je n'attribue qu'une importance secondaire à la rapidité de manœuvre, qui se fait plusieurs centaines de fois plus vite qu'avec l'instrument de Helmholtz, et je n'insiste pas non plus sur la précision plus grande des résultats. Le *point essentiel*, c'est que l'ophtalmométrie est devenue d'une absolue nécessité pour le clinicien; quand on en a goûté, il est impossible de s'en passer pour mesurer l'astigmatisme, et je ne connais pas d'autre moyen pour diagnostiquer ce que j'appellerai le *spasme astigmatique* du cristallin.

à fait au-dessus de mes forces et de ma patience d'examiner la réfraction d'un œil en n'employant pas l'ophtalmomètre tout d'abord.

Cette règle, que l'astigmatisme cornéen est légèrement inférieur à l'astigmatisme total, comporte quelques exceptions. Il faut bien spécifier d'abord que, par *astigmatisme total*, j'entends l'astigmatisme de l'œil *non accommodé*. En effet, chez les sujets jeunes et même chez les adultes de quarante-cinq à cinquante ans, il se produit une accommodation astigmatique du cristallin, qui ne cède complètement que sous l'action énergique et prolongée des mydriatiques.

Voici comment j'ai été conduit à découvrir ce fait, dont l'importance pratique est grande : j'avais remarqué que, chez les personnes âgées, l'astigmatisme total n'était presque jamais inférieur à l'astigmatisme cornéen ; toutes les fois que, chez des personnes de moins de cinquante ans, je trouvais un astigmatisme total inférieur au cornéen, j'ai pris pour règle d'appliquer la duboisine; quand, séance tenante, il restait encore un astigmatisme total inférieur à l'astigmatisme cornéen, je proposais alors une cure énergique d'atropine. Dans ces conditions, je n'ai pas encore rencontré de sujet chez qui cette cure n'ait pas fini par supprimer l'astigmatisme accommodatif. Il pourra sans doute, par la suite, se trouver quelques malades qui fassent exception à cette règle, mais, en poussant l'atropinisation jusqu'à intoxication, il ne s'en rencontrera guère.

Il faut donc se figurer l'œil astigmate comme déformé dans sa totalité *dans le même sens*, et de telle sorte qu'il y ait un peu d'astigmatisme cristallinien statique s'ajoutant à l'astigmatisme cornéen.

En général, dans les astigmatismes de 1 à 3 dioptries, la part du cristallin est négligeable (1), tandis qu'elle devient très appréciable quand l'astigmatisme est fort, surtout chez les hypermétropes. Ainsi, comme maximum exceptionnel, j'ai rencontré 6, 5 d'astigmatisme total pour 4 d'astigmatisme cornéen.

(1) Il m'a paru que la part du cristallin dans l'astigmatisme était généralement bien plus faible dans les yeux myopes, même fortement astigmates : c'est à vérifier et à expliquer.

Jusqu'aux environs de 2, 5 dioptries d'astigmatisme cornéen, il arrive, chez les sujets jeunes, que l'astigmatisme accommodatif arrive à corriger et même à *surcorriger* l'astigmatisme cornéen, et c'est ainsi que s'expliquent les nombreuses et importantes observations de spasme accommodatif publiées par Landesberg dans *Graefe's Archiv.* (1881).

Il faut établir une distinction profonde entre la recherche théorique de la réfraction et la conduite à tenir en pratique ; il serait tout à fait contraire aux intérêts du malade d'imiter certains de nos éminents confrères qui corrigent l'astigmatisme total chez les jeunes sujets. Comment ! par un admirable mécanisme, le cristallin se déforme d'une manière dissymétrique pour corriger le défaut optique de la cornée, et nous irions faire perdre au malade le bénéfice de cette correction ! Ce serait aussi hors de propos que de corriger l'hypermétropie totale d'une jeune fille, en l'obligeant à subir une cure d'atropine pour s'habituer à porter en permanence des verres convexes dont elle n'aurait pas besoin. Le malade ne vient pas nous demander de la théorie ; il veut être soulagé de son asthénopie, tout en reculant le moment où il portera des verres d'une manière permanente.

Voici comment je procède en pratique : la division du limbe de l'ophtalmomètre correspondant à celle de mon optomètre (nouveau modèle de Roulot), je commence par noter le résultat de la mesure ophtalmométrique, puis je dispose l'optomètre en conformité de cette notation. Je fais ensuite tourner le disque des verres sphériques pour mesurer la myopie ou l'hypermétropie. Puis, en faisant tourner un peu le verre cylindrique de l'optomètre, je vérifie la position de l'axe ; enfin, j'essaie les cylindres précédent et suivant, en faisant tourner le disque qui porte les cylindres, et, parmi les cylindres, je prescris *le plus fort* de ceux entre lesquels le malade hésite. Si le sujet n'est pas vieux, ce cylindre est quelquefois plus faible que l'astigmatisme cornéen : généralement je le prescris quand même, mais en prévenant le sujet que son astigmatisme augmentera, et qu'il devra revenir si son asthénopie réapparaît.

Dans les pays où le port permanent des lunettes n'inspire pas de répugnance, on fera mieux de forcer et de donner toujours *au moins* le cylindre indiqué par l'ophtalmomètre. — En France,

on peut être conduit à donner des cylindres faibles pour voir au loin et les cylindres exacts pour la lecture, car il tombe sous le sens que l'accommodation astigmatique devient à peu près nulle aux environs du punctum proximum.

Pour se conformer à ce que je viens de dire, il faut assurément prendre la peine d'oublier ce qui est répété dans tous les traités classiques ; si j'en juge d'après ce qui nous est arrivé, à M. Schiötz et à moi-même, il n'est pas facile de s'affranchir ainsi de ce que l'on a appris ; mais, une fois la nature de l'astigmatisme accommodatif bien comprise, on se tire facilement d'affaire dans tous les cas où, jusqu'ici, on était tenté d'accuser le malade au lieu de faire son propre *meâ culpâ*.

Il existe cependant encore des cas où il est difficile de satisfaire le malade, ce sont ceux où l'astigmatisme est irrégulier, mais nous avons du moins la consolation de ne plus lancer, pour nous défendre, l'accusation d'irrégularité contre un astigmatisme que nous devrions savoir mesurer. Cette observation s'applique tout particulièrement au cas des opérés de cataracte.

Il ne faut pas oublier que l'ophtalmomètre est construit de manière à mesurer la courbure de la cornée sur la circonférence d'un cercle dont le diamètre mesure 3 millimètres. Si l'astigmatisme était parfaitement régulier, on trouverait le même chiffre en employant le prisme de rechange, qui dédouble moitié moins (1) ; mais si le défaut est irrégulier, avec le prisme faible, on peut trouver un autre chiffre et une autre position pour l'astigmatisme. C'est ici qu'il devient très intéressant d'employer le disque à cercles concentriques (fig. 18), dont nous avons parlé successivement, il y a deux ans, au Congrès de Milan, et l'année dernière au Congrès de Londres, et auquel on a donné, en Allemagne, le nom de « kératoscope de Placido ». L'épaisseur des cercles croissant suivant la loi des tangentes, quand on a mis le disque en place et supprimé le prisme, on aperçoit d'un coup d'œil toute la topographie de la cornée. De plus, les degrés étant inscrits sur les cercles, rien n'est plus facile que de faire regarder le malade dans tous les azimuths de toutes les quantités angulaires voulues. — En employant un éclairage la-

(1) Avec ce prisme, chaque gradin des mires vaut *deux* dioptries, au lieu d'une.

téral, le disque sert aussi de pupillomètre ; les contours extérieurs des cercles blancs correspondent respectivement à 1, 2, 3 et 4 millimètres de diamètre pupillaire. Il est facile aussi de faire chercher la position du regard pour laquelle la pupille paraît centrée, ce qui définit la position de la ligne visuelle par rap-

Fig. 18. — Disque Javal et Schiötz.

port à la perpendiculaire élevée au centre du plan pupillaire.

Les observations faites au moyen de notre disque expliqueront aussitôt pourquoi Woinow découvrit, à sa grande surprise, que chez certains opérés de cataracte, l'astigmatisme total diffère de l'astigmatisme mesuré à l'ophtalmomètre ; on est conduit à recommencer la mesure au moyen d'un prisme de rechange : pour les opérés de cataracte, notamment, il faut

observer le disque sur leur cornée, sans leur faire ouvrir démesurément l'œil ; dans chaque cas, un peu de raisonnement conduira au but.

Pour conserver le souvenir précis de la forme d'une cornée, il est facile d'obtenir une photographie en coiffant une chambre noire au moyen de notre disque. C'est ce que j'ai fait l'année dernière avec l'assistance de M. Nordenson ; il paraît que M. Placido aurait fait également des photographies analogues quelques mois avant nous.

Depuis la présentation que nous avons faite à Londres, le 3 août 1881, nous avons fait subir à notre ophtalmomètre diverses modifications.

. . . . . .

La principale amélioration réalisée depuis le mois d'août consiste en une très légère modification des dimensions, qui a eu pour effet de nous permettre de diviser l'arc en degrés du cercle, ces degrés servant précisément de mesure aux dioptries. En même temps, nous avons mis une marque au chiffre 20 à gauche de l'observateur. En y fixant la mire de gauche et ne faisant jamais mouvoir que celle de droite, on peut lire immédiatement sur l'arc, soit les dioptries (en ajoutant 20 au chiffre de la lecture), soit les rayons de courbure.

Pour l'hiver et pour les pays où le ciel est souvent brumeux, un appareil d'éclairage est nécessaire ; au moyen de becs perfectionnés et de réflecteurs, nous l'avons réduit à deux lampes à gaz.

Il suffit du prisme qui dédouble 3^{mm} pour mesurer l'astigmatisme. Mais ce prisme ne mesure pas, à proprement parler, le rayon de courbure en un point. Pour des études théoriques, il faut des prismes plus faibles; au moins un prisme dédoublant $1{,}5^{mm}$. Pour ma part, j'en emploie quatre, qui dédoublent respectivement 1, 2, 3 et 4^{mm}, en concordance avec les quatre principales zones du disque kératoscopique.

* * *

C'est avec intention que je n'ai pas reproduit ici les calculs qui ont servi à construire notre ophtalmomètre ; pour le praticien, leur connaissance est absolument superflue, mais je dois

insister sur une conséquence fâcheuse des formules : il est indispensable de pratiquer la mise au point : 1° en tirant l'oculaire O (fig. 19) autant que possible sans cesser de voir le fil micrométrique avec une netteté parfaite et 2° en déplaçant ensuite l'appareil *dans son ensemble* et l'éloignant autant que cela peut se faire sans cesser de voir les mires aussi nettes que le permet le chromatisme incorrigible du prisme. — Comme

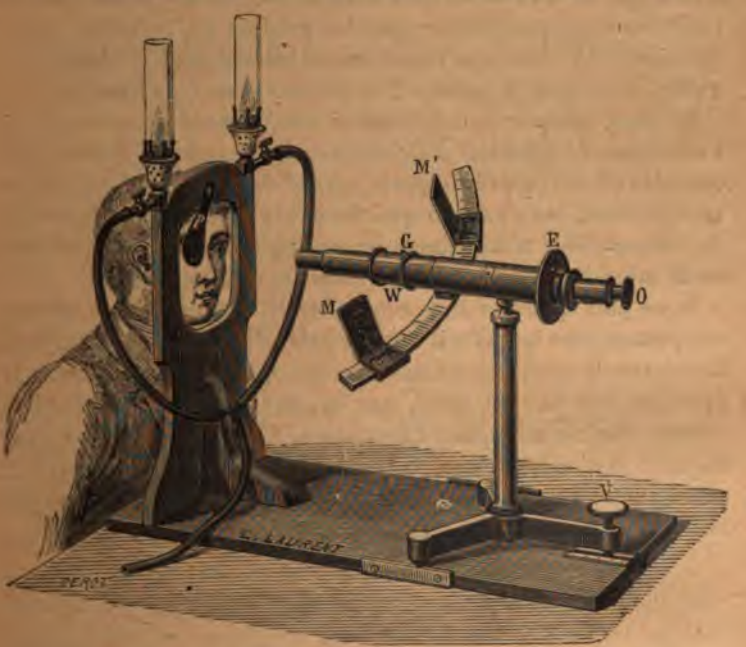


Fig. 19.

chercheur, on se sert de l'encoche pratiquée en E dans le cadran divisé et de la goupille G, en visant comme avec un fusil. Si l'appareil ne glisse pas assez, il suffit de frotter la planchette d'un peu de savon sec. La vis V sert pour viser à la hauteur convenable.

Pour démonter la lunette, on tire d'abord la partie antérieure du tube jusques et y compris W, qui contient le premier objectif, puis le court tube qui contient le prisme biréfringent.

Pour observer avec quelque précision, il ne suffit pas de

fermer l'œil dont on ne se sert pas: il faut le couvrir avec la main ou avec un écran, car, l'observé devant tourner le dos à une fenêtre qui reçoive le plus de jour possible, l'observateur est ébloui par la lumière qui traverse la paupière de son œil fermé. Cette précaution est non moins nécessaire avec la lumière artificielle.

Pour les mesures de grande précision, rien n'est comparable à l'emploi de la lumière directe du soleil et d'un prisme faible, mais il ne faut pas oublier que les gradins de la mire, et les divisions du cercle, qui valent une dioptrie pour le prisme 3, en valent deux pour le prisme 1,5, et trois pour le prisme 1.

De plus, lorsque je lui montrai l'instrument quand il vint à Paris pour l'exposition d'électricité, M. Helmholtz voulut bien me faire observer qu'il importe, quand on veut faire des mesures très précises, de s'assurer que les petits mouvements de la tête de l'observateur n'impriment aucun déplacement parallactique au fil micrométrique par rapport aux images cornéennes.

Je ne puis terminer sans remercier M. Laurent de l'extrême obligeance avec laquelle il a mis à notre disposition son habileté de constructeur et sa connaissance de l'optique, et sans exprimer le regret d'avoir été privé, par la nomination de M. Schiötz comme chef de clinique à Christiania, d'une collaboration sans laquelle je n'eusse même pas entrepris de modifier un instrument auquel les noms de Kohlrausch, de Senff et de Helmholtz resteront éternellement attachés.

VII

DEUXIÈME CONTRIBUTION

A

L'OPHTALMOMÉTRIE

Par JAVAL.

(*Annales d'Oculistique*, Juill.-Août 1882, t. LXXXVII, p. 33)

Depuis la publication que j'ai faite, dans ces *Annales*, en collaboration avec M. Schiötz (juillet-août 1881), M. Laurent a construit et livré vingt-cinq ophtalmomètres, et j'ai eu l'occasion de voir manœuvrer une partie de ces instruments par les confrères qui en ont fait l'acquisition. Ces séances de démonstration n'ont convaincu de l'insuffisance de notre premier article; je dois même ajouter un complément aux nouvelles explications que j'ai fournies dans la précédente livraison de ces *Annales*.

J'ai recueilli d'abord l'impression que les confrères n'avaient fait que parcourir les deux articles que je viens de citer; quand on a l'instrument en main, il faut lire, j'oserais presque dire « il faut étudier » nos explications sans passer une ligne. En procédant ainsi, on arrivera plus vite au but qu'en manœuvrant l'ophtalmomètre au hasard.

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

En second lieu, j'ai remarqué que les erreurs se produisaient toujours lors de l'établissement de la position initiale : c'est là qu'il faut beaucoup de soin ; il faut, à cause du chromatisme du prisme, établir le contact initial avec un très léger empiétement sur la première marche de la mire à gradins, pour éviter d'obtenir un résultat trop fort au moment de lire l'astigmatisme dans la seconde position de l'arc.

Enfin, j'ai toujours rencontré une tendance déplorable à s'affranchir de la notation que j'ai expliquée en détail dans notre premier article. Après quelque temps, tous ceux qui ont bien voulu s'y conformer strictement ont fini par reconnaître que son emploi ménage des pertes de temps et surtout des erreurs, tant de la part du médecin que de celle de l'opticien. Cette notation est d'ailleurs la seule qui soit adoptée d'une manière un peu générale depuis plus de quinze ans. Elle n'a jamais été critiquée, et tant qu'on ne donnera pas de bonnes raisons pour en proposer une autre, je la conserverai. Il faut la connaître avant de lire les observations que je transcrirai plus loin (1).

[Depuis dix ans, de nombreuses discussions ont eu lieu dans divers pays sur la notation de l'astigmatisme, qui est en un chaos inextricable en Europe. Heureusement, les Américains des Etats-Unis se sont mis d'accord depuis longtemps pour adopter une notation uniforme, qui consiste à inscrire l'angle lu dans les lunettes d'essai représentées ci-dessous (fig. 20 et 21) :

Fig. 20.

De cette manière de faire, employée en Amérique, résulte que l'astigmatisme conforme à la règle (ou direct) est noté 0 quand on le corrige par un cylindre concave et 90 quand on le corrige par un cylindre convexe. *Exemple :* En Amérique, la même correction pourra

(1) Se méfier des lunettes d'essai de Roulot, qui sont souvent graduées à rebours.

donc s'inscrire tantôt sph. + 1 cyl. — 2 axe 15 degrés et tantôt sph. — 1 cyl. + 2 axe 105 degrés, suivant que, dans cet astigmatisme mixte, on préfère corriger par un cylindre concave ou convexe.

Pour éviter les erreurs, j'avais pris l'habitude de faire marquer sur les cylindres concaves un trait de diamant parallèle à l'axe, et *sur les convexes un trait perpendiculaire à l'axe*. Alors, inscrivant successivement l'angle, le cylindrique et le sphérique, j'inscrivais la correction ci-dessus tantôt 15° — 2 + 1 et tantôt 15 + 2 — 1. La première de ces deux notations coïncide avec la notation américaine.

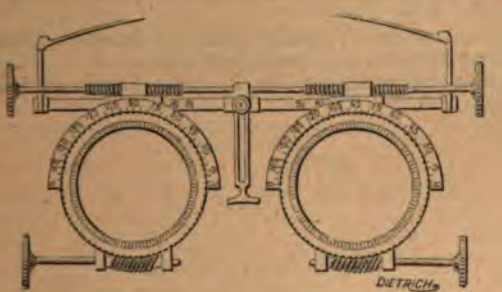


Fig. 21.

Depuis plus d'un an *presque sans exception*, je ne fais plus aucun usage des cylindres convexes. En effet, dans l'astigmatisme avec hypermétropie, les malades acceptent avec plaisir le cylindrique concave associé au sphérique convexe. Le cylindrique étant mis du côté de l'œil, le verre ainsi combiné est légèrement périscopique. Pour rendre la lecture plus facile, je transformerai de cette manière toutes les formules qui suivent.

Cette notation est d'ailleurs celle qui découle naturellement de l'emploi de la figure étoilée que j'ai proposée en 1865 pour servir à la mesure de l'astigmatisme.

On se servait exclusivement de la fente sténopéique pour mesurer l'As. quand je construisis l'optomètre binoculaire où l'objet était un cadran analogue à celui d'une montre et contenant des rayons aux heures et aux demies, c'est-à-dire de 15 en 15 degrés comme dans la figure 22 (p. 54).

Quand on éloigne ce cadran au delà du *remotum* (l'œil étant armé d'un verre convexe s'il n'est pas myope), le malade indique le rayon resté le plus net; si c'est celui de midi et demi, par exemple, cela veut dire que le méridien le plus réfringent fait un angle de 15 degrés avec la verticale et à droite du malade. Comme c'est perpendiculairement à ce méridien qu'il faut mettre le verre concave, il suffit de placer l'axe de ce verre sur le 15 dans l'anneau de la lunette de Crétès (fig. 20) ou d'Unger (fig. 21).

Pour éviter les erreurs, le plus simple est de se servir exclusivement de cylindriques concaves pour la mesure et pour la prescription des verres. Quand, par exception, on se servira de cylindriques convexes, il faudra ajouter ou retrancher 90 degrés.

Les choses étant ainsi convenues, pour la notation de l'astigmatisme cornéen nous employons une notation du type suivant :

$$15° \pm 2$$

qui signifie que le méridien de moindre rayon (c'est-à-dire de plus forte courbure) fait un angle de 15 degrés avec la verticale, en haut et à droite du malade.

En d'autres termes, la notation de l'angle pour l'astigmatisme cornéen est identique avec la notation de l'angle pour le cylindre concave correcteur. Dans ces conditions, *il n'y a jamais besoin de réfléchir.*

Tous les instruments : ophtalmomètre, lunettes d'essais, optomètre, cadran horaire, sont gradués d'accord.

Il existe dans le commerce des lunettes d'essai graduées dans le

Fig. 22.

sens inverse de celui que je viens d'indiquer. Tous les confrères qui font de l'ophtalmométrie ont renoncé à leur emploi, qui n'est d'ailleurs guère répandu qu'en Allemagne.

Ils ont tous accepté également la proposition d'intercaler le signe $\pm$ entre le chiffre qui désigne l'angle et celui qui indique la grandeur de l'As. — En effet, ce signe indique bien que la mesure ophtalmométrique de l'astigmatisme ne préjuge en rien de la réfraction totale de l'œil ; de plus, il dispense d'écrire qu'il s'agit d'As. cornéen : la seule présence de ce signe le dit suffisamment, du moment que c'est ainsi convenu.

Je le répète, il suffit de lire l'angle dans la seconde position de l'arc (pour le modèle de 1881) ou de lire dans la première position le chiffre marqué par la grande aiguille (modèle de 1889), *l'angle lui indique la position à donner au cylindre concave dans la lunette d'essai.*

Quand les méridiens ne sont pas rigoureusement perpendiculaires entre eux, après le chiffre marqué par la grande aiguille dans la

première position, j'ajoute, entre parenthèses, le chiffre marqué par les aiguilles des mires : la notation devient par exemple 15° (20°) ± 2. — Il va sans dire que le second chiffre ne diffère jamais beaucoup du premier. Quand il est identique, on ne l'écrit pas, et la notation reste par exemple, 15° ± 2.

Il va sans dire que les valeurs sont toujours notées en dioptries et jamais en pouces. Quand je proposais, en 1867, au Congrès de Paris, d'adopter une série à échelons équidistants et fondée sur le système métrique, je ne me doutais pas de l'importance que l'adoption de ma proposition aurait un jour. On voit aujourd'hui que les notations ophtalmométriques seraient presque impraticables sans l'emploi d'un système où l'on note les puissances réfringentes et non plus les longueurs focales (1).

Mais comme il existe toujours encore des verres numérotés en pouces, il est utile de répéter (2) ici que la transformation doit se faire en tenant compte de l'indice de réfraction du verre, qui est 1,53 ou 1,154 et non pas 1,5 et que par conséquent les verres

	1	2	3	4	5. ..... dioptries
correspondent à	40	20	13,3	10	8. ..... pouces
et *non pas* à	36	18	12	6	7..... —

Le moyen le plus commode pour faire cette transformation sans calcul est d'avoir toujours sous la main le petit optomètre que M. Bull a construit dans mon laboratoire (3), et qui est en même temps le meilleur appareil pour la mesure de l'amplitude d'accommodation.]

Deux auteurs, Dobrowolski dès 1868 et Landesberg l'année dernière, ont parfaitement signalé des cas où l'astigmatisme subjectif varie sous l'action de l'atropine; qu'ils prennent la peine de relire leurs mémoires en se laissant guider par la notion nouvelle de l'accommodation astigmatique, et ils seront agréablement surpris de voir s'élucider pour eux-mêmes les phénomènes qu'ils ont décrits. En particulier, les cas de Landesberg sont, pour la plupart, des spasmes astigmatiques où le cristallin avait dépassé le but. L'atropinisation a été poussée par cet auteur précisément jusqu'au point où il ne restait plus que de l'accommodation astigmatique compensatrice l'astigmatisme cornéen. Ce spasme du muscle ciliaire dans le méridien hori-

(1) La plus ancienne proposition analogue que je connaisse est de Soleil fils, qui proposa en 1857 une série dont le verre le plus faible mesurait 2m,50 (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, t. XLV, p. 374).

(2) Sur le numérotage des verres de lunettes (*Ann. d'Ocul.*, 1877, t. LXXVIII, p. 200).

(3) Se trouve chez Goubeaux, à Paris.

zontal, résidu de l'énorme effort nécessaire dans ce méridien aux hypermétropes pour pouvoir distinguer de près, produisait un astigmatisme total contraire à la règle, quand les malades regardaient au loin (1). Aussi est-il présumable que plusieurs des malades de Landesberg retomberont dans l'asthénopie. L'ophtalmomètre est le seul guide qui permette d'agir à coup sûr dans des cas de ce genre, si bien qu'avec une prudence et une sagacité parfaites l'auteur s'est bien gardé d'ajouter un commentaire quelconque à la description de faits dont la cause lui échappait nécessairement.

Nous comprenons maintenant pourquoi Donders a dit que l'astigmatisme total est généralement moindre que l'astigmatisme cornéen. Il a eu la malechance de ne pratiquer ses mensurations que sur des yeux relativement jeunes et de ne pas pousser l'atropinisation assez loin pour supprimer l'accommodation astigmatique dont il ne soupçonnait pas l'existence. Il sera le premier à reconnaître, en mesurant des yeux de personnes âgées ou suffisamment atropinisées, que les choses se passent comme je le dis. Il n'y a d'astigmatisme *statique* notable du cristallin que dans les cas accentués, et alors il est généralement *de même sens* que celui de la cornée; dans presque tous les cas, cet astigmatisme cristallinien est négligeable, tandis qu'il ne faut jamais perdre de vue l'astigmatisme accommodatif.

Il me serait aisé d'apporter de nombreux exemples à l'appui de tout ce que je viens de dire. Il sera plus utile, je pense, pour montrer les services que peut rendre l'ophtalmomètre, de faire ici une sorte de leçon clinique. Je vais tout simplement décrire les malades dans l'ordre où ils se sont présentés à ma consultation, dans quatre séances successives. Ce sont donc vingt consultants pris absolument au hasard, dont je vais raconter l'histoire.

(1) Je serais bien tenté d'attribuer à cet effort plus grand de l'accommodation dans le méridien horizontal, nécessité par l'astigmatisme conforme à la règle, la production du staphylome dans le plan horizontal. Si cette hypothèse est juste, la myopie avec astigmatisme contraire à la règle devrait être accompagnée de staphylome au-dessus ou au-dessous de la papille.

1) K..., ouvrier maçon, trente-sept ans, blessure de l'œil gauche; enclavement de l'iris et cicatrice cystoïde. A la suite d'une iridectomie que j'ai faite il y a huit jours, la cicatrice s'est aplatie; l'ophtalmomètre indique un astigmatisme cornéen de cinq dioptries. Eu égard à la profession du malade, je ne prescris pas de verres, le prévenant que, lorsqu'il deviendra presbyte, un verre cylindrique pour l'œil gauche sera probablement très utile. — L'œil droit mesure une dioptrie d'astigmatisme cornéen, que je néglige.

2) M^lle P..., seize ans. 0 ± 1; 0 ± 1 et légère hypermétropie, est venue consulter à cause d'une conjonctivite localisée à l'angle externe de la paupière supérieure gauche. Je l'ai fait revenir trois fois et la conjonctivite a cédé à l'emploi topique d'un cristal de sulfate de cuivre. Bien qu'elle se considère comme guérie, je conseille des verres sphériques convexes d'une dioptrie pour le travail (elle est couturière). Il sera toujours temps, plus tard, d'en venir aux verres cylindriques.

3) Le D^r K..., trente-cinq ans, $0 \pm 0,2$; $0 \pm 0,1$; myopie $-2,5$; -3, se plaint de scotome scintillant. Il y a une petite opacité centrale du cristallin de l'œil droit, et à l'image droite, sur une partie de la papille de cet œil, on voit des points brillants très nombreux qui font penser à des cristaux de cholestérine. — Je constate que, pour la lecture, l'œil *gauche* est une cause de gêne, car le D^r K... accommode pour l'œil droit. Un verre *convexe* de 0.75 mis devant l'œil gauche égalise parfaitement et est accepté avec reconnaissance pour lire. Ce cas démontre une fois de plus qu'un conseil optique est préféré, par les malades, au plus joli diagnostic ophtalmoscopique, dont ils n'ont que faire.

4) La femme R... est une paysanne très peu intelligente. L'ophtalmomètre donne 0 ± 2.5; 0 ± 4 et l'optomètre confirme cette mesure; je prescris donc $0 - 2,5 + 2,5$; $0 - 4 + 4$ en prévenant cette femme, qui a trente-trois ans, qu'il faudra sans doute, dans peu de temps, changer ces verres, car je présume qu'il y a un peu d'hypermétropie latente. — Voilà une malade qui part avec des verres qui lui donnent une acuité supérieure à la normale. Sans ophtalmomètre, il aurait fallu la retenir plusieurs jours à Paris pour lui faire subir une cure d'atropine faute de quoi, vu son âge peu avancé et son intelligence extrêmement bornée, il eût été impossible de mesurer son astigmatisme. — Remarquez que la consultation m'a pris quelques minutes seulement.

5) J..., instituteur, vingt-huit ans. Insuffisance des droits internes et asthénopie, 110 ± 1; $20 \pm 4,5$. La détermination optométrique donne $110^o - 1 + 1$; $35^o - 4 - 2$. Encore faut-il remarquer que mon optomètre ne contient pas de verre 4,5 : il

n'y a donc pas de différence pratique entre la mesure optométrique et la mesure ophtalmométrique de l'astigmatisme. — Je prescris les verres 110 — 1 + 5; 35 — 4 + 2 pour lire. Il regardera par-dessus ses lunettes pour surveiller ses élèves. — Si l'on égalisait les yeux au moyen des verres indiqués par la mensuration optométrique, on rendrait la lecture difficile et on serait presque sûr de faire augmenter la myopie de l'œil droit, si le malade consentait à faire usage de pareilles lunettes qui l'obligeraient à mettre en jeu l'accommodation de son œil myope. — Il n'est pas douteux que l'emploi des verres ne fasse disparaître l'insuffisance des droits internes.

6) Mme G... m'est amenée par un confrère qui avait constaté l'astigmatisme, lequel est, en effet, de 24 (je dis vingt-quatre) dioptries. L'examen de la cornée montre immédiatement des cicatrices provenant d'une ancienne kératite qui a causé cet astigmatisme. Le disque kératoscopique montre que l'asymétrie est assez régulière pour le centre de la cornée, sur une surface d'environ 1 millimètre 1/2 de rayon. Avec un prisme dédoublant, soit 1 millimètre, soit 1mm,5, la mesure se fait aisément, mais la mesure subjective donne seulement, pour cet œil, 170 — 16 + 6. Je me réserve de revenir ultérieurement sur ce cas, où l'astigmatisme présente une irrégularité toute particulière, qui explique parfaitement la différence entre les mensurations subjective et objective.

Post-scriptum. Après avoir employé le verre correcteur pendant huit jours, la malade écrit pour se plaindre de l'énorme élargissement des objets. L'acuité visuelle est restée excellente. Je l'avais trouvée à peu près normale après correction.

7) Le petit K..., âgé de six ans et demi, est en traitement optique d'un strabisme convergent depuis un an; récemment j'ai pu mesurer à l'ophtalmomètre, qui donne 0 ± 3; 0 ± 3. Il ne louche plus quand il porte ces verres cylindriques, qui lui donnent une acuité parfaite : sans ophtalmomètre, il eût été difficile de mesurer l'astigmatisme d'un aussi jeune enfant. Il n'y a pas d'hypermétropie manifeste après correction par les cylindres convexes. Pour la vision des objets éloignés, on peut actuellement faire quitter entièrement les lunettes, et laisser agir l'accommodation astigmatique du cristallin; la déviation a complètement disparu.

8) Mme L..., cinquante ans, astigmatisme négligeable à l'ophtalmomètre, et en effet l'acuité est parfaite après correction de l'hypermétropie, qui causait son asthénopie.

9) Mme G., cinquante-deux ans, femme d'un employé de la Sorbonne, $0 \pm 1{,}25$; $35 \pm 1{,}5$. L'optomètre donne $0 - 1 + 2{,}5$; $45 - 2 + 3{,}5$. On voit qu'une légère erreur eût été commise en

se contentant de corriger l'œil droit d'après la mesure ophtalmométrique; il y a environ une demi-dioptrie d'astigmatisme statique du cristallin. En le négligeant, on se serait bien moins trompé que ne l'a fait un confrère, universellement connu par sa compétence en pareille matière, et qui n'avait pas reconnu du tout la présence de l'astigmatisme; il n'avait obtenu une acuité suffisante pour travailler qu'en prescrivant des verres de 6 dioptries, qui ne satisfaisaient aucunement cette femme.

Post-scriptum. J'ai eu l'occasion de revoir cette patiente depuis qu'elle porte les verres que je lui ai prescrits et elle en est enchantée. J'appelle tout particulièrement l'attention sur cette observation, car les cas analogues sont excessivement fréquents.

10) M. de V., diplomate, $0 \pm 0{,}5$; $0 \pm 0{,}2$; à l'optomètre $0 - 0{,}5 - 11$; $0 - 0{,}5 - 11$. Pour une myopie aussi forte, je néglige des cylindres aussi faibles, car l'obliquité du regard à travers les verres sphériques produit aisément la correction d'un astigmatisme de cette nature et je prescris en permanence des lunettes de 5 dioptries, avec faculté d'y joindre, pour voir au loin, un pince-nez de même force. — Autorisation de porter le pince-nez si on le préfère et de le fermer pour superposer devant un œil ses deux verres, quand on veut voir au loin.

11) M. Bu., un de mes amis, présente un astigmatisme d'environ 6 dioptries aux deux yeux, tant à l'ophtalmomètre qu'à l'optomètre. Il y a ici un astigmatisme irrégulier d'une espèce particulièrement régulière : c'est le sommet de l'ellipsoïde qui est déplacé latéralement; l'ophtalmomètre révèle instantanément ce défaut par la différence de grandeur des deux mires. L'observation de M. B. sera reprise ailleurs (p. 78-79, fig. 32 et 33). Je ferai remarquer ici que, depuis seize ans, j'ai mesuré à plusieurs reprises l'astigmatisme de M. B. sans me douter de la nature de son irrégularité, qui, avec l'ophtalmomètre, ne saurait échapper à l'observateur le plus inattentif. J'ajouterai que la situation de l'astigmatisme total et sa valeur ont changé et se sont rapprochées graduellement des chiffres donnés par la mesure ophtalmométrique d'aujourd'hui.

12) M. G., soixante-onze ans. $10 \pm 1{,}5$; $0 \pm 0{,}6$. Une cataracte à l'œil gauche et des synéchies aux deux yeux rendent l'examen optométrique si difficile qu'on n'aurait jamais pu obtenir une mensuration passable sans ophtalmomètre.

13) G., lycéen, douze ans. $0 \pm 0{,}25$; $0 \pm 0{,}5$. En 1881, l'optomètre avait donné, après une cure d'atropine, $75 - 0{,}5 - 3$; $75 - 0{,}5 - 3$. — La myopie a progressé : nous en avons aujourd'hui l'explication : il y a spasme astigmatique et nous voyons que la cure d'atropine n'a pas été assez prolongée. — Avec

l'atropine et les verres convenables, la myopie progressive devient une rareté.

14) Marguerite B. est en traitement pour un strabisme convergent périodique. L'enfant n'ayant que trois ans, je n'essaie pas de l'ophtalmométrer encore.

15) Hélène L. — Lorsque je vis pour la première fois cette malade en 1879, elle n'avait pas encore dix ans; elle m'était amenée pour une insuffisance extrême des muscles droits internes, passant par moments au strabisme divergent. La détermination optométrique, faite très exactement grâce à la précision parfaite des réponses de la malade, donna 0 — 0,5 — 5; 90 — 1,5 — 1,5. L'absence de staphylomes et la mauvaise acuité visuelle m'engagèrent à instiller de l'atropine, ce que je fis huit jours plus tard, et la réfraction devint 0 — 0,75 — 4; 0 — 0,5 — 2,5 c'est-à-dire que la myopie de l'œil droit avait *augmenté* d'une dioptrie et demie dans le méridien vertical sous l'influence de l'atropine. J'écrivais à l'époque, sur mon livre d'observations : « Il n'y a pas d'erreur possible quant à la suppression de l'astig- « matisme de l'œil droit par l'atropine. Actuellement, l'acuité « visuelle est bien meilleure avec — 3 qu'avec 90 — 1,5 — 1,5; « elle est peut-être meilleure avec 0 — 0,5 — 2,5, *c'est-à-dire « que l'astigmatisme change de sens par l'atropine.* » Je n'insiste pas sur l'augmentation de myopie; mais je ferai observer que, surpris du changement de sens de l'astigmatisme, je m'en assurai à nouveau le surlendemain et je prescrivis les verres 0 — 0,5 — 1; 0 — 0,5 pour le travail, laissant ainsi 3 dioptries de myopie : c'était, je le répète, il y a deux ans : je ne ferais plus aujourd'hui cette faute de laisser travailler 1 ou 2 dioptries d'accommodation chez une enfant de dix ans, affectée de myopie progressive.

La punition ne se fit pas attendre. Un an plus tard, la réfraction était 0 — 1 — 5; 0 — 0,5 — 4 et je prescrivais pour la lecture 0 — 1 — 1; 0 — 0,5. Je n'avais pas encore d'ophtalmomètre.

Il y a huit jours, la réfraction était 0 — 0,4 — 5; 0 — 0,5 — 6 et l'ophtalmomètre donnait 0 ± 1; 0 ± 1. Je fis instiller l'atropine régulièrement pendant huit jours, et la réfraction est aujourd'hui 0 — 1 — 6,5; 0 — 1 — 6, je prescris 0 — 1 — 2,5; 0 — 1 — 2, en recommandant bien de ne jamais lire ni écrire à une distance inférieure à 25 centimètres, et j'ai l'espoir d'enrayer enfin cette myopie progressive.

Si j'avais eu l'ophtalmomètre il y a deux ans, le diagnostic du spasme astigmatique du cristallin eût été instantané, et j'en aurais connu le chiffre, tandis que c'est presque par hasard que j'instillai l'atropine; dès cette époque j'aurais entrepris la cure énergique d'atropine, prescrit les verres cylindriques exacts associés à un verre sphérique convexe pour l'œil droit, et, si

j'avais eu les idées que j'ai aujourd'hui sur la myopie progressive, j'aurais exigé que la lecture se fît sans accommodation.

Malgré mes erreurs, le strabisme divergent a disparu et l'insuffisance des droits internes est à peu près supprimée.

16) Robert d'O., analogue au cas de strabisme n° 7 ci-dessus; l'enfant a huit ans et est en traitement par les lunettes depuis l'âge de trois ans contre un strabisme convergent. Après avoir commencé par des verres sphériques de 5 dioptries, nous n'employons plus que des cylindres de 3 dioptries, convexes également, et que l'ophtalmomètre a permis de prescrire il y a quelques mois.

17) La jeune L..., âgée de treize ans, est également affectée de strabisme. L'acuité visuelle de l'œil dévié était trop mauvaise pour permettre de mesurer la réfraction. L'ophtalmomètre a donné aisément $0 \pm 1{,}5$ et l'ophtalmoscope ajoute une hypermétropie de 2,5 dioptries; nous voilà renseignés assez pour sortir du cercle vicieux et prescrire un verre provisoire pour exercer l'œil et l'amener au point où l'on pourra choisir un verre exact.

Je considère que, pour les yeux très affaiblis, ou appartenant à des sujets peu intelligents, le mieux, pour mesurer la réfraction, est de mettre dans la lunette d'essai, posée devant l'œil malade, le verre cylindrique indiqué par l'ophtalmomètre et de mesurer ensuite la réfraction à l'image droite avec un ophtalmoscope à verre platiné, non percé : on obtient ainsi une exactitude surprenante; le verre cylindrique, en rendant l'image du fond de l'œil bien nette, et le verre platiné, en évitant de regarder à travers un trou qui diminue les effets de l'amétropie, donnent bien sûrement le moyen de ne pas se tromper d'une dioptrie.

18) La veuve V..., soixante-douze ans, opérée de cataracte il y a neuf jours à l'œil gauche, présente environ 15 dioptries d'astigmatisme; je soulève un instant le pansement de l'œil droit, que j'ai opéré il y a cinq jours et, outre un astigmatisme plus considérable encore, le disque kératoscopique révèle un plissement de la cornée qui se traduit par des ondulations des cercles.

De nombreuses observations ont confirmé l'existence de l'astigmatisme des opérés de cataracte, que j'avais signalé dès 1866, et ont constaté la diminution de cet astigmatisme avec le temps. Le fait nouveau que j'indique aujourd'hui est la valeur énorme de cet astigmatisme quelques jours après l'opération; c'est aujourd'hui, sur la veuve V., que cette constatation a été faite pour la première fois, grâce à l'ophtalmomètre qui permet en un instant d'être édifié sur ce point, sans fatiguer l'œil opéré. Je me permets de signaler aux amateurs d'ophtalmométrie un très intéressant travail, qui est désormais d'une exécu-

tion facile, et qui consistera à étudier les lois de la variation de l'astigmatisme cornéen opératoire.

19) Mme D..., vingt-huit ans. Il y a trois ans, après atropinisation, j'avais trouvé + 1,5 ; 30 — 0,5 + 2 et prescrit des verres un peu plus faibles et une pommade contre la blépharite. Aujourd'hui l'ophtalmomètre donne 170 ± 1 ; 0 ± 1,25, et après une vérification à l'optomètre, je prescris 0 — 1 + 1,5 ; 0 — 1 + 1,5 et 0 — 1 + 2,5 ; 0 — 1 + 2,5, à porter au choix mais *en permanence*. Il est évident en effet que les verres cylindriques ne donnent un soulagement complet qu'à condition d'être portés toujours, car lorsqu'on les quitte, on s'habitue à une accommodation astigmatique dont on ne sait plus se défaire complètement quand on reprend les verres. Chez Mme D..., dont les yeux sont sujets à des inflammations, l'usage permanent des verres est à recommander, mais, comme ce conseil ne sera pourtant jamais suivi en toute rigueur par une Parisienne, je prescris une paire forte pour le travail, et, pour voir au loin, une autre qui ne corrige pas toute l'hypermétropie, pour qu'à la rigueur la vision puisse avoir lieu sans verres.

Pourquoi mettre à l'œil droit le cylindrique 1 au lieu de 1,25? C'est parce que je trouve toujours avantageux de mettre les verres pareils aux deux yeux : si l'opticien se trompe de côté, il n'y aura pas d'inconvénient ; il y a aussi une petite économie de prix et je trouve bien audacieux ceux qui prétendent ne pas se tromper de 0.25 dans la mesure subjective de l'astigmatisme : c'est une quantité négligeable. — Remarquez qu'il y a trois ans, à cause de la jeunesse du sujet, malgré l'atropine, l'astigmatisme de l'œil gauche était complètement latent et que la moitié seulement de celui de l'œil droit était manifeste.

20) Célina G..., dix-sept ans. Il y a quatre ans, j'ai traité ses cornées par le calomel contre de nombreuses traces de kératites anciennes et son strabisme divergent périodique par deux ténotomies et par les verres. La réfraction était 150 — 1 — 2,5 ; — 13 après une instillation d'atropine. Aujourd'hui, l'ophtalmomètre donne 170 ± 2,5 ; 15 ± 3 et l'optomètre annonce 160 — 3 — 3 ; 15 — 7 — 7. Ainsi, malgré l'atropine et malgré l'intelligence de cette malade, avant que je n'eusse l'ophtalmomètre, j'avais évalué beaucoup trop bas l'astigmatisme de l'œil gauche et celui de l'œil droit m'avait complètement échappé. C'est ce qui se produit aisément quand on examine à la fois des yeux très myopes et très astigmates. La différence considérable entre les mesures subjective et objective de l'astigmatisme de l'œil droit m'engagea à prescrire une cure d'atropine de huit jours pour cet œil.

Post-scriptum. — Après cette cure, la réfraction de l'œil droit est devenue 10 — 4 — 6. Il y a encore une dioptrie d'astigmatisme de plus que par la mesure ophtalmométrique. Cette différence disparaîtrait-elle en continuant l'atropine, ou s'agit-il

d'un astigmatisme statique, ou bien encore, faut-il attribuer l'écart à la notoire irrégularité de l'astigmatisme d'une cornée qui porte de nombreuses traces de kératite? Quoi qu'il en soit, je prescris les verres 160 — 3 ; 10 — 4 — 6 qui laissent trois dioptries de myopie aux deux yeux, et je recommande de ne pas s'approcher en deçà de 33 centimètres des objets, ce qui est compatible avec la profession de cette jeune fille.

Récapitulons.

Je ne puis pas dire que les vingt malades qui se sont présentés à ma consultation soient des cas pris absolument au hasard. Il y en a deux, les nos 5 et 6, qui m'ont été amenés par un confrère compétent, avec le diagnostic d'astigmatisme. Ensuite j'avais fait venir le n° 11 dans un but d'étude. Enfin, il est permis de supposer que les cas de réfraction dominent plus dans ma consultation que dans toute autre. Prenons cependant les choses comme elles sont, et nous constatons que, sur vingt malades, il y en a au moins douze qui ont tiré grand profit de la prescription de verres cylindriques. Pour tous les douze, l'ophtalmomètre nous a fait gagner du temps et surtout nous a donné pleine sécurité quant à l'exactitude du résultat.

Ce n'est là que le moindre profit de l'ophtalmométrie; pour sept malades, et c'est là le point capital, nous avons pu atteindre avec sécurité le résultat qu'aucun autre moyen ne permettait d'obtenir, à moins qu'on ne considère comme permis d'imposer au hasard une cure prolongée d'atropine à tous les patients auxquels les verres prescrits par les procédés ordinaires ne donnent pas pleine satisfaction.

Les cas les plus topiques sont ceux de patients que j'avais vus antérieurement; je les récapitule de nouveau. — Le n° 7, qui ne louche plus sous ses cylindres de 3 dioptries et dont le jeune âge (six ans et demi) n'eût pas permis aisément une mensuration optométrique. — Le n° 11, que j'avais examiné plusieurs fois pendant les seize dernières années, avait sans doute été amélioré par des verres, mais en révélant l'irrégularité particulière de son astigmatisme et en donnant une mesure plus exacte, si je l'avais eu à ma disposition, il y a seize ans, l'ophtalmomètre eût rendu à mon ami B... le plus signalé des services. — Le n° 13, s'il eût été ophtalmométré en temps utile, aurait été soumis il y a longtemps à une cure d'atropine suffi-

sante et n'aurait pas, à l'âge de douze ans, une myopie de 6 dioptries. — J'en dirai autant de la jeune fille n° 15, chez qui j'avais eu pourtant la chance extraordinaire de diagnostiquer, sans ophtalmomètre, le spasme astigmatique du cristallin. — Le n° 16 est analogue au n° 7. — Le n° 19 est le cas sur lequel je voudrais tout spécialement attirer l'attention, car je vois *presque journellement* de ces malades chez qui des confrères ont laissé passer inaperçues 1 ou 2 dioptries d'astigmatisme. Je ne leur en fais pas un reproche, puisque pareille chose m'était arrivée ici, en employant l'atropine. Les cas de ce genre constituent, dans ma conviction, la majeure partie des asthénopies rebelles, et l'ophtalmomètre les signale à l'instant.

Enfin, le n° 20 donne bien l'exemple le plus éclatant des erreurs qui font renoncer à corriger les astigmatismes irréguliers, et du très grand service qu'on peut rendre aux gens en corrigeant la partie régulière de cet astigmatisme : la malade est dans l'enchantement avec ses nouveaux verres, tandis que, par les anciens moyens, je n'avais jamais réussi à la satisfaire.

Puisque c'est à Helmholtz que nous devons à la fois l'invention de l'ophtalmoscope et une grande amélioration de l'ophtalmomètre, personne ne peut réclamer si nous mettons en parallèle les services rendus par l'un et l'autre instrument. — Eh bien! aucun de nos vingt malades n'a tiré un avantage positif de l'ophtalmoscopie. — Conclusion : l'examen optique des yeux rend plus de services que l'examen ophtalmoscopique, plus de services que tout le reste de l'ophtalmologie.

Je ne dis pas « des services plus grands » mais : « des services plus nombreux. » Parmi nos vingt malades, une a été opérée de cataracte, une a été traitée pour iritis grave, une autre pour une conjonctivite, l'iridectomie a peut-être, chez le n° 1, arrêté l'explosion d'une ophtalmie sympathique. Je ne disconviens pas de tout cela, et je pense que le hasard a été grand pour faire que, dans ces quatre séances, il n'y ait pas eu un diagnostic ophtalmoscopique utile; mais tournez et retournez les faits, il n'en reste pas moins acquis que, chez la majorité de nos malades, il y a eu service rendu, grâce à l'ophtalmométrie et à l'optométrie.

[Je viens de relire les vingt observations qui précèdent et qui datent

de juin 1882, et je dois faire remarquer qu'à cette époque je me contentais d'une correction moins exacte qu'il ne faudrait. Nous avions bien dépassé Donders qui considérait comme *physiologique* un astigmatisme de 40 pouces (précisément une dioptrie). Mais nous ne savions pas encore que, surtout dans les cas légers, un quart de dioptrie peut avoir son importance. C'est surtout depuis les travaux de G. Martin, que nous connaissons le prix d'une correction tout à fait exacte.

Nous ne savions pas encore, en 1882, combien il faut être méticuleux dans la mesure de l'angle du méridien. Nous ignorions l'existence d'un petit As. statique du cristallin contraire à la règle, et nous ignorions le rôle de la décentration de la cornée.

La note de la p. 56 a servi de point de départ à un travail de M. Martin (voy. § 7, p. 491), en regard duquel il faut mettre une étude plus ancienne, sur le même sujet, par M. Ad. Sizili (*Hirschberg's Centralblatt*, 1883, p. 358).

De l'As. cristallinien statique direct. — On a vu l'observation de M. Legendre, chez qui nous annoncions, en 1881, l'existence d'un As. cristallinien statique direct. Il importe d'ajouter que son œil droit, cité p. 42, se retrouve dans le tableau de la p. XXVII, et d'ajouter qu'une nouvelle mesure, prise en 1888, a donné 10° ± 6 pour la cornée et 7 dioptries pour l'As. total. Il ne faut donc pas accepter l'explication de M. Tscherning (p. 613 et suivantes) pour tous les cas où l'As. subjectif est supérieur à celui que l'ophtalmomètre donne pour la cornée, puisqu'ici l'As. cristallinien a été constaté directement.

D'ailleurs, la mesure avec le prisme faible donne assez souvent pour l'As. un chiffre *plus fort* que la mesure faite avec le prisme fort, ce qui va contre l'explication de M. Tscherning. Comme exemple, je citerai l'œil gauche d'un très bon observateur, M. G. qui, en 1865, mesurait 0° — 5 — 1 et, en 1887, très exactement 0° — 6 — 1,5. A cette époque, l'As. cornéen, mesurée avec le prisme fort, n'était que de 0 ± 3.75, ce qui donnait la tentation d'attribuer 2.25 au cristallin. Mais le prisme faible donnait 0 ± 4.50, ne différant que de 1.5 avec l'As. total. Enfin, en mesurant avec le prisme faible pour le regard dirigé de 15° à gauche, on trouvait 0 ± 6. — De cette observation, il faut donc retenir que M. Tscherning a tout à fait raison de nous conseiller la prudence quant à l'attribution d'un rôle important au cristallin dans la production de l'As.; mais aussi faut-il en conclure à la grande utilité de recherches sur la courbure des parties périphériques de la cornée.

Ces deux observations de M. L... et de M. G... sont loin d'être isolées : j'en ai beaucoup d'autres où l'As. total fort a augmenté avec les années, et où son chiffre dépasse largement celui donné par l'ophtalmomètre.

As. cristallinien inverse. — M. Landesberg a publié dans *Gräfe's Archiv* (1881, t. XXVII, 2, p. 89) quatorze observations de personnes dont l'As. avait diminué considérablement sous l'influence d'instillations d'atropine continuées, sans désemparer, pendant des semaines et même pendant des mois. Le même auteur a publié depuis trois observations analogues dans *Hirschberg's Centralblatt* (1883, p. 362). Il est permis d'élever des doutes sur la parfaite exac-

titude des faits relatés par M. Landesberg; mais il est à remarquer que sur trente-deux yeux dont l'As. a fortement diminué par l'emploi de l'atropine, il s'en est trouvé seulement *neuf* affectés d'As. direct. — Les observations de M. Landesberg présentent cette particularité que, la dilatation étant maintenue en *permanence*, l'objection par laquelle se termine le mémoire de M. Tscherning (p. 618) ne peut leur être opposée.

Des doutes ayant été émis sur l'exactitude des grosses variations d'As. obtenues par M. Landesberg, sous l'influence de l'atropine, je relate ici une observation analogue, que j'ai prise en 1881.

M^me^ N..., âgée de trente-cinq ans, donne à l'optomètre en 1881, emmétropie pour 0 D et pour l'œil gauche les chiffres suivants :

13 octobre 1881...	105—5—1	pas de mensuration ophtalmométrique.
13 décembre 1881.	105—4—1	après atropine (Ophtalmomètre 165 ± 0,75).
15 —	105—3—2.5	—
23 —	105—2—3	après onze jours d'atropine.

L'As. cornéen étant relativement négligeable et la pupille ayant été dilatée tout le temps, il faut bien admettre une *augmentation de myopie* dans le méridien vertical du cristallin, et une *diminution* correspondante d'As. ; je ne crois pas que l'As. ait diminué de *trois* dioptries, mais il y a sûrement eu diminution d'As. cristallinien de plus d'une dioptrie, sous l'action de l'atropine.

Le cas de M^me^ N... est le seul où j'aie observé une aussi grosse variation d'As. sous l'influence de l'atropine. J'ai cru utile de le mettre en regard de ceux de Landesberg.

Je viens de parcourir mes observations de variations d'As. sous l'action de l'atropine et je constate que, le plus souvent, elles présentent de l'As. inverse, tout comme celles de Landesberg.

Variations de l'As. direct. — Le D^r^ Chibret, alors âgé de trente-quatre ans, accusait en 1879, pour l'œil gauche 70° — 1,3 — 3,5 et pour le droit 25° — 4 — 2. L'œil gauche n'a pas notablement changé, mais notre confrère veut bien m'écrire que l'As. de l'œil droit, qui était descendu à 3.5 en 1884, est aujourd'hui sûrement inférieur à 3. La cornée mesurait 30° ± 2 en 1884 et ne donne plus que 32 (28) ± 1.5. Ici les mesures subjectives peuvent inspirer toute confiance. Je suis moins sûr de l'ophtalmométrie prise en 1884, qui a pu être faussée par la décentration de la cornée.

L'observation de M. Chibret est d'autant plus intéressante que son cas est plus exceptionnel ; c'est une *augmentation* d'As. qui se produit dans le cours des années, et non une diminution.

Je viens de revoir M^lle^ M. (voy. p. 431) et cela quatre mois *après* l'impression de la page 432 de ce volume; je trouve ± 1,5 à gauche et ± 2 à droite. Depuis deux mois elle a bandé l'œil *gauche* **pour lire** : il y a eu sûrement augmentation d'As. à gauche et *diminution à* droite.

Diminution d'As. cristallinien accommodatif par l'atropine et par les verres cylindriques. — J'ai revu en 1885 M^lle^ Hélène L... citée ci-dessus (p. 60) et la réfraction s'est trouvée 0 — 1 — 9 à gauche et 0 — 0,75 — 8,5 à droite. C'est un cas, parmi d'autres, où la suppression d'As. accommodatif, obtenue par l'atropine, s'est maintenue sous l'influence des verres cylindriques.

VIII

TROISIÈME CONTRIBUTION

A

L'OPHTALMOMÈTRIE

DESCRIPTION DE QUELQUES IMAGES KÉRATOSCOPIQUES

Par JAVAL.

(*Annales d'oculistique*, janvier-février 1883, t. LXXXIX, p. 5.)

Dans une précédente communication (figure 1, page 3), j'ai figuré le disque kératoscopique de Javal et Schiötz, et j'ai expliqué l'emploi des chiffres 1, 2, 3 et 4 marqués sur l'un des rayons horizontaux et l'utilité des degrés inscrits sur l'un des rayons verticaux (1).

Les figures que je vais décrire ont été obtenues en faisant porter le regard du malade successivement en face, puis d'une même quantité en haut, en bas, à droite et à gauche. L'angle

(1) En employant simultanément le disque et le prisme, la réfration cornéenne est donnée par le cercle dont les doubles images deviennent tangentes : il suffit de lire sur le disque cette réfraction, qui y est inscrite en dioptries sur l'un des rayons verticaux. La troisième couronne blanche, qui répond à la partie la plus usuelle, est divisée en cinq parties au moyen de deux cercles noirs. Chacune de ces parties correspond à une dioptrie.

Si l'on a soin de bien mettre dans le plan de l'arc la ligne noire qui est au dos du disque, le dédoublement de la grosse ligne noire horizon-

du regard, sauf indication contraire, a été constamment de 15 degrés, les lettres C, D, G, H et B indiquent les positions respectives du regard au centre, à droite, etc.

Les dessins, dus à l'habile crayon de M. Pérot, ont été faits en regardant dans l'ophtalmomètre; il en résulte qu'ils sont renversés : pour voir les images telles qu'elles se forment sur la cornée, il faut retourner le livre tête bêche. — Le cercle

Fig. 23.

grisé représente la position de la pupille. Pour pouvoir le dessiner, au lieu de placer le malade dans la position habituelle, le dos à la fenêtre, il faut l'éclairer à peu près de profil.

Le premier groupe (fig. 23) a été fourni par l'œil gauche du Dr Nordenson, dans les cinq positions du regard mentionnées

tale permet de rechercher les méridiens de courbure principale; le disque peut ainsi servir à faire trouver la position et le degré de l'astigmatisme. Mais ces résultats ne s'obtiennent par ce procédé, qu'au prix de fatigue pour le malade, à cause des images accidentelles qui se produisent. D'ailleurs, la précision est moindre qu'avec les mires disposées soit en escalier, soit sous forme de vernier.

plus haut — Jusqu'à nouvel ordre, je considère cet œil comme normal. On remarquera que la figure centrale est formée de cercles parfaitement réguliers et concentriques, et que les quatre autres figures, absolument pareilles les unes aux autres, présentent cette particularité que l'image du centre du disque est notablement plus près de la partie interne que de la partie externe de chaque figure. Il n'est non moins visible que les

Fig. 24.

cercles du disque se peignent suivant des courbes ovoïdes. Ces deux observations concordent avec ce que l'on sait depuis J. L. Petit : la courbure de la cornée va en diminuant, quand on marche du centre vers la périphérie.

Le second groupe (fig. 24) a été obtenu d'après le même œil de M. Nordenson; seulement, il fixait successivement les intersections des diamètres vertical et horizontal du disque avec le cercle n° 3, ce qui correspond à des angles de 22°30′. On remarque immédiatement les mêmes particularités que dans les figures précédentes, mais plus accentuées.

Le troisième groupe (fig. 25) a été dessiné d'après mon œil

droit. On remarque tout d'abord, sur la figure centrale, l'ellipticité verticale des courbes, qui est causée par environ deux dioptries d'astigmatisme contraire à la règle ; sur cette même figure, on voit déborder la pupille un peu à droite. Les deux figures obtenues dans le regard en haut et en bas offrent, par rapport à la verticale, une légère déviation, analogue à celle que nous rencontrerons plus loin pour des cornées coniques.

Fig. 25.

J'appelle particulièrement l'attention sur les deux figures latérales qui démontrent, à l'évidence, que ma cornée ne peut être assimilée à un ellipsoïde, mais s'approche bien plus d'un tore à axe vertical.

Le quatrième groupe (fig. 26) a été dessiné d'après le même œil, mais avec des déviations du regard de 22°,30′ dans chaque sens.

On remarquera que, dans la figure D, celle qui correspond au moment où je regarde vers ma droite, l'ensemble reprend la forme ovoïde comme dans l'œil normal. L'aspect rubané de la partie externe de cette figure indique les reflets irréguliers

envoyés par le limbe et le commencement de la sclérotique. Rien de pareil n'existant pour la figure obtenue quand je regarde à gauche, de la même quantité, le dessin nous apprend que mon œil est loin d'être symétrique par rapport à un plan vertical passant par la ligne visuelle. — Malgré toutes ces irrégularités, mon acuité visuelle, après correction par des verres, est bien supérieure à la normale de Snellen, même avec un éclai-

Fig. 26.

rage médiocre, et s'approche de 2 avec un bon éclairage.

Le cinquième groupe (fig. 27) a été dessiné d'après l'œil gauche du docteur H. — La mesure ophtalmométrique donne $90^{e} \pm 0{,}5$; $90^{e} \pm 0{,}25$, mais les déformations des images annoncent un astigmatisme irrégulier. La mesure subjective donne $80^{e} - 1{,}5 + 4{,}5$; $80^{e} - 2 - 7$. Le disque kératoscopique nous enseigne immédiatement que la discordance n'est pas attribuable à un astigmatisme cristallinien, mais à une valeur plus grande de l'astigmatisme vers le centre de la cornée. On voit, en effet, en examinant la figure centrale, que les cercles du disque se peignent suivant des ellipses d'autant plus allongées qu'on

est plus près du centre ; il en résulte que, sans verres cylindriques, l'acuité visuelle de notre confrère diminue quand l'éclairage augmente. Interrogé sur ce point, il déclare, en effet, s'être aperçu, mais depuis quelques semaines seulement, de l'avantage qu'il trouve à n'employer pour travailler qu'un éclairage très modéré. Cette exagération de l'astigmatisme central est plus marquée sur l'œil gauche que sur l'œil droit ; c'est sans

Fig. 27.

doute pour cette raison que la pupille gauche est bien plus grande que la droite. D'ailleurs, après l'emploi des verres cylindriques pendant une semaine environ, l'inégalité des pupilles a disparu, ce qui semble confirmer notre hypothèse.

Il est probable qu'un malade de ce genre trouvera profit à se munir d'un assortiment de lunettes, pour se servir de verres plus ou moins fortement cylindriques suivant qu'il fera plus ou moins clair.

Ajoutons que ces figures obtenues dans les positions obliques du regard donnent le diagnostic immédiat d'un kératite dont le Dr H. a été atteint dans son enfance, et qui n'a laissé

sur ses cornées que des traces à peu près imperceptibles à l'œil nu.

Pour compléter cette observation, il eût fallu prendre des mesures d'astigmatisme avec les prismes faibles de l'ophtalmomètre, ce qui n'a pas été fait : cet oubli sera réparé quand le malade reviendra pour compléter son arsenal de lunettes.

Dans le cas suivant (fig. 28), il s'agit encore d'un confrère, le

Fig. 28.

Dr L..., dont les yeux portent des traces manifestes de kératite. — Pour l'œil gauche, représenté ci-contre, tandis que le prisme ordinaire annonce 6 dioptries d'astigmatisme, le prisme faible (dédoublant 1,5mm) révèle 10 dioptries et l'essai subjectif donne 10 — 6,5 — 6; —13. Le malade est très satisfait de lunettes 120 — 6,5 — 3; — 9, auxquelles il superpose une face à main — 3; — 3, quand il veut voir au loin.

Pour un œil de ce genre, comme pour le précédent, l'emploi de l'atropine ne saurait donner aucun renseignement quant à la mesure de l'astigmatisme; cela résulte avec évidence de l'aspect de la figure centrale, pour le n° 27, et cela est confirmé par

les autres figures du n° 28. D'autre part, je pense qu'on aurait bien de la peine à faire une mesure subjective sans atropine sur des yeux dont l'astigmatisme varie avec l'éclairage. En s'aidant de l'ophtalmomètre et du disque, on acquiert une première notion qui facilite énormément la mesure subjective. Au surplus, les deux confrères dont je viens de relater les observa-

Fig. 29.

tions ont exprimé, en termes très vifs, leur satisfaction du résultat obtenu.

Une troisième observation de kératite me paraît assez singulière pour être exposée avec plus de détail. — Il s'agit d'un jardinier qui vint consulter, en avril dernier, pour un ulcère central de la cornée de l'œil gauche. L'emploi du cautère actuel et d'une solution d'acide borique arrêta l'imminence du danger. Cependant, en juin suivant, le malade étant revenu à cause de son œil gauche, je mesurai par hasard l'astigmatisme de son œil *droit;* l'irrégularité de forme des mires m'ayant révélé la présence d'astigmatisme irrégulier, je recourus au

disque, et les images me parurent assez intéressantes pour que je les fisse dessiner par M. Pérot (fig. 29). On remarque immédiatement un astigmatisme central voisin de la verticale ; la figure G révèle une notable irrégularité qui apparaît quand le malade regarde à sa gauche, et la figure B, obtenue avec le regard abaissé de 15 degrés, présente un aspect rubané. Avec des prismes dédoublant respectivement 1,... 1,5... 2,...3 et 4 millimètres, on trouve $60° \pm 6$,... $60° \pm 3$,... $80° \pm 0.75$... $10° + 0.5$,... $0° \pm 1,5$, c'est-à-dire que l'astigmatisme, comme dans le cas du Dr H. (fig. 27), est beaucoup plus fort au centre de la cornée ; de plus, il est à peu près nul sur les bords d'un cercle d'environ 2,5 millimètres, puis il *change de sens* pour devenir conforme à la règle, quand on le mesure avec des prismes dédoublant 3 ou 4 millimètres.

Par un interrogatoire des plus longs, je finis par découvrir que B... demeure à 2 kilomètres d'un village où des travaux de chemin de fer ont développé des fièvres paludéennes, et qu'il avait eu lui-même quelques frissons. L'œil droit, un peu larmoyant, ne présentait aucune trace visible de kératite. Légère névralgie du trijumeau à droite. Je prescrivis le sulfate de quinine à fortes doses, et, après quatre ou cinq jours, l'astigmatisme central n'était plus que de 4,5 dioptries. Tout en faisant la part des erreurs possibles dans les mesures, il y a eu une diminution d'astigmatisme d'une dioptrie au moins.

Je viens de revoir le malade après cinq mois et demi (11 décembre 1882). — L'astigmatisme, mesuré avec le prisme 1 est resté 4,5 ; de plus, avec le prisme 1,5 (celui qui est livré comme prisme faible aux personnes qui ont demandé deux prismes), l'astigmatisme n'est plus que de 2,5 au lieu de 3. En même temps, la direction du défaut s'est rapprochée de la verticale : on trouve 70° au lieu de 60° (1). Sur l'image kératoscopique, l'échancrure de la figure G, obtenue par le regard vers la gauche, a complètement disparu, et il reste à peine des traces de l'aspect rubané de la figure qui apparaissait lors du regard en bas.

A l'éclairage oblique, la cornée présente, un peu en haut et

(1) Les méridiens principaux, qui comprenaient autrefois entre eux un angle de 105 degrés, sont devenus perpendiculaires l'un à l'autre.

à droite, à environ 1 millimètre de distance du centre de la pupille, un point nébuleux à peine perceptible.

Je laisse à de plus compétents le soin de tirer des conclusions de cette observation.

Il me paraît intéressant de faire figurer ici deux yeux affectés de kératocone.

Le premier (fig. 30) est l'œil gauche d'un jeune confrère

Fig 30.

espagnol, le Dr T... — En nous bornant à la figure obtenue dans le regard direct, il est aisé de prévoir qu'au moyen des mires, on devra trouver un chiffre trop fort pour l'astigmatisme. En effet, il faut faire abstraction de l'incurvation que subissent les images des cercles 2, 3 et 4 et qui les aplatit par en bas (dans l'image renversée). En complétant ces cercles par la pensée, on trouve quelque chose de tout à fait analogue à ce que nous a offert la figure 27, c'est-à-dire un astigmatisme plus fort au centre qu'à la périphérie, tandis qu'au moyen des mires, il est clair qu'on trouve un astigmatisme plus fort pour la péri-

phérie, car les mires donnent simplement la différence entre les diamètres maximum et minimum d'une des courbes de la figure (1).

Remarquons que, pour une élévation du regard de 15 degrés, (fig. H) on obtient ce double résultat de faire disparaître l'aplatissement des courbes et de faire changer le sens de l'astigmatisme. Il existe donc, à environ 8 degrés plus bas que le centre

Fig. 31.

de la cornée, une partie à peu près exempte d'astigmatisme, soit régulier, soit irrégulier, renseignement qui serait précieux si l'on se décidait à une iridectomie ou à un tatouage dans un but optique.

Les déformations dans les quatre positions obliques du regard, telles qu'elles sont représentées ici, sont parfaitement caractéristiques pour le kératocone; j'ai eu assez souvent l'occasion d'en observer d'analogues. — L'œil droit du même malade, qui

(1) Pour cette figure et la suivante, le graveur a représenté l'image du disque beaucoup trop grande par rapport à la pupille, dans le cas de la vision centrale C. : il a cru corriger une erreur du dessinateur.

tire une grande amélioration de l'emploi d'un verre cylindrique de 5 dioptries, est également bien plus astigmate au centre qu'à la périphérie. Son aspect, lors du regard à droite, permet de diagnostiquer un léger degré de conicité.

Comme second exemple de kératocone, je reproduis ici (fig. 31), d'après une photographie au gélatinobromure prise en 1881, les apparences fournies par l'œil gauche du fils du Dr Ba...

Fig. 32.

Ce jeune homme, muni d'un verre 150 — 10 + 2 pour voir au loin et 150 — 10 + 5 pour lire, a pu prendre un emploi chez un agent de change, au lieu de rester dans l'oisiveté à laquelle il se croyait condamné pour le restant de ses jours.

Pendant que je corrige ces épreuves, M. Nachet jeune, qui apporte un soin tout particulier à l'ajustage des lunettes cylindriques, me dit que M. Ba... trouve avantage à placer son cylindre sous un angle de 130 degrés pour voir au loin et de 120 degrés pour lire. Cette différence est-elle attribuable à une rotation du globe? ou faut-il supposer que la pupille se contractant davantage pour lire, le malade préfère alors l'inclinaison

qui répond à son astigmatisme central, lequel, sur la figure, est en effet autrement situé que l'astigmatisme périphérique ? C'est à étudier.

Si les figures qu'on vient de voir jettent quelque jour sur des affections déjà connues, celles qui me restent à montrer, moins frappantes au premier abord, me paraissent bien plus curieuses,

Fig. 33.

parce qu'elles nous ouvrent un nouveau champ d'études. — J'appellerai provisoirement *astigmatisme excentrique* le défaut dont je veux parler et qui n'est pas très rare. C'est une espèce d'astigmatisme irrégulier, qui se reconnaît immédiatement à la forme ovoïde suivant laquelle viennent se peindre, sur la cornée, les cercles du disque kératoscopique quand le malade regarde droit devant lui, ou bien encore à la forme trapézoïde de l'image d'un carré. — Ces cas se reconnaissent au premier coup d'œil par la déformation de nos mires.

Prenons, par exemple, l'œil gauche de M. Bu... (fig. 32); on remarque immédiatement que les courbes de la figure centrale

ne sont pas des ellipses régulières : elles sont ovoïdes et le point central du disque n'est pas au centre de ces courbes ; l'aspect d'ensemble rappelle la figure que donne un œil normal dans une position latérale du regard, et, de plus, la pupille est très notablement décentrée. Pour ramener la pupille à être centrée, il suffit d'un changement angulaire du regard d'environ 5 degrés dans un azimuth de 150 degrés, et alors les courbes paraissent sensiblement elliptiques.

Pour l'œil droit de ce même malade (fig. 33), les choses se passent à peu près de même, mais avec cette irrégularité supplémentaire que les axes des courbes ne coïncident pas exactement, comme dans le cas de kératocone de la figure 31 ; c'est peut-être pour ce motif que le malade a pris l'habitude de préférer son œil gauche : on voit en effet que l'axe de la courbe centrale de l'œil droit est à peu près horizontal, tandis que les axes des courbes plus grandes sont plus inclinés.

D'ailleurs, l'ophtalmomètre, au moyen des mires et de la série de prismes, 1, 1 ½, 2, 3, 4, donne respectivement pour l'œil gauche 135°, 140°, 150°, 150°, 150° et pour l'œil droit 0°, 15°, 35°, 30°, 30°, et d'autre part, l'astigmatisme moyen étant d'environ 6 dioptries pour chacun des yeux, l'astigmatisme central est inférieur à 5 pour le gauche et supérieur à 7 pour le droit ; nouvelle raison pour donner la préférence à l'œil gauche.

Lorsque je vis M. Bu... pour la première fois, il avait trente et un ans ; il n'est pas bien surprenant que l'affluence de l'accommodation et de la décentration ait fortement influencé le résultat de la mesure. Voici les chiffres obtenus en 1866, puis après huit et seize ans d'intervalle :

1868	90 — 1,5	+ 2,5 ; 75 — 6 + 5.
1874	145 — 4	+ 3 ; 65 — 7 + 2 (1).
1882	115 — 6	+ 4,5 ; 50 — 7 + 5,5.
ophtalmomètre :	150 ± 6 ; 45 ± 6,5.	

Je n'ai transcrit ici qu'une très faible partie des mensurations que j'ai faites sur ces yeux. Le malade porte actuellement avec

(1) Ce dernier chiffre 2 est sans doute une erreur de plume. [L'observation de M. Bu... sera reprise en détail dans un travail que M. Sulzer prépare pour la *Société française d'ophtalmologie*.]

grand profit 135 — 6 + 6; 45 — 6 + 6, mais je dois avouer que l'étude de cas de ce genre dépasse mes forces; je les signale tout particulièrement à notre savant confrère Leroy.

Quant à présent, il est établi que le diagnostic de l'astigmatisme excentrique se fait du premier coup d'œil par l'ophtalmomètre, que cet instrument abrège considérablement les tâtonnements à faire au moyen de l'optomètre, et que, par la suite des années, l'état de l'astigmatisme tend à se rapprocher de celui indiqué par l'ophtalmomètre.

L'astigmatisme excentrique peut coexister avec d'autres irrégularités. — Comme exemple, je citerai l'œil gauche de M^me^ L. (fig. 34) qui est représenté d'abord en fixation centrale, C; la figure D a été obtenue en faisant porter le regard de 10 degrés vers la droite. L'ophtalmomètre, avec le prisme ordinaire,

Fig. 34.

donne 170 ± 5; 0 ± 3,5 et l'optomètre 135 — 7 + 3; 10 — 3,5 + 2,5. L'œil droit étant régulier, je n'ai pas cherché à obtenir un résultat parfait pour l'œil gauche; il est clair qu'il faudrait ici recourir à la combinaison d'un verre sphéro-cylindrique, dont la partie inférieure serait recouverte d'un vernis opaque, pour couvrir la partie de la pupille affectée d'astigmatisme irrégulier, tout en laissant le champ visuel bien plus libre qu'on ne peut le faire avec une fente sténopéique.

En combinant les mesures obtenues avec une série de prismes biréfringents, et en se dirigeant d'après les figures kératoscopiques, on pourra, dans chaque cas particulier, dégrossir le travail à faire avec l'optomètre; c'est du moins ce que j'ai voulu indiquer en publiant les exemples ci-dessus.

Par une singulière ironie du destin, lorsque nous sommes enfin parvenus à mesurer l'astigmatisme régulier avec toute la rapidité et l'exactitude désirables, nous tombons dans toute une classe d'irrégularités plus compliquées, auxquelles il faudra désormais appliquer la patience qu'exigeait jadis la mesure de l'astigmatisme ordinaire.

Je ne puis déposer la plume sans m'accuser de n'avoir pas cité précédemment les mémoires que Dobrowolsky a fait paraître, il y a une quinzaine d'années, dans *l'Archiv* de de Graefe et les *Klinische Monatsblätter*. L'expression *d'astigmatisme latent* s'y trouve et l'auteur a parfaitement constaté des cas de spasme astigmatique. Faut-il invoquer, comme circonstance atténuante en ma faveur, les erreurs évidentes qui déparent les travaux de Dobrowolsky? En tout cas, d'autres y ont été trompés comme moi ; personne n'a eu le courage de traiter ses patients à la russe, comme il eût fallu le faire pour vérifier les assertions de notre distingué confrère de Saint-Pétersbourg : instiller de l'atropine presque à tout hasard et à doses redoublées. C'est ce que peu de médecins oseraient faire ; et encore faut-il une sagacité et une patience peu communes pour débrouiller la question de l'accommodation astigmatique sans mesurer la cornée. C'est tout au plus si, avec l'aide de mensurations précises, nous espérons pouvoir donner, dans une prochaine contribution, quelques indications sur cet important sujet.

[Depuis sept ans, j'ai revu plusieurs des yeux décrits dans ce qui précède et j'en ai examiné un grand nombre d'autres. Mes observations plus récentes m'ont conduit à abandonner l'expression d'As. *excentrique* et à parler simplement d'*yeux décentrés*. Je reviendrai sur ce sujet à la fin de l'article suivant.

Les deux cas de kératocone décrits ci-dessus ne sont pas restés isolés : on signale de toutes parts des cas de kératocone qui tirent grand profit de l'emploi de verres cylindriques forts, qu'on ne pensait pas à essayer avant d'être renseigné par la kératoscopie.

Comme variation dans l'aspect des figures kératoscopiques, je mentionnerai l'œil droit de R (fig. 74, p. 29).

Il est inutile d'en donner un dessin, mais je relaterai que l'As. central, mesuré avec le prisme le plus faible, qui était tombé de 6 à 4.5 dans le courant de l'année 1882 est descendu à 1.3 en 1884 et à 1 en 1886.

J'ai eu d'autres cas analogues à celui de R., avec un très fort As central et l'examen subjectif de ces cas démontre chaque fois que,

conformément à la théorie, ce n'est pas l'As. central qu'il faut corriger. Aussi avons-nous fini par ne livrer avec les ophtalmomètres que les prismes dédoublant 3 millimètres.

J'ai rencontré aussi des cas analogues à celui de M. L. (fig. 34, p. 81) et obtenu une grande amélioration de vision en cachant une partie de la pupille par une couche de vernis noir sur les lunettes.

L'expérience m'a appris que les confrères font un usage beaucoup trop restreint du disque : pour éviter la perte de temps que nécessite son emploi, on le laisse de côté et beaucoup de défauts optiques passent inaperçus. C'est pour obvier à cet inconvénient que, dans le modèle construit par Goubeaux, le disque est fixé à demeure. De plus, il couvre une plus grande étendue de la cornée, puisque, vu de l'œil observé, il occupe une étendue de 90° dans l'espace au lieu de 60° que mesurait le disque de Laurent.]

IX

RECHERCHES OPHTALMOMÉTRIQUES

SUR

L'ASTIGMATISME DE LA CORNÉE

CHEZ DES ÉCOLIERS DE 7 A 20 ANS

par E. NORDENSON.

(*Annales d'oculistique*, mars-avril 1883, t. XC.)

Sur l'invitation de M. le Dr Javal, nous avons examiné, vers la fin de l'année scolaire 1881-1882, les yeux des élèves de l'*École Alsacienne*, à Paris. Si nous publions les résultats de cet examen, ce n'est pas pour augmenter le nombre considérable des statistiques de myopie qu'on a faites en examinant les écoliers dans les divers pays. Le but principal de cette communication est de montrer les résultats que nous ont donnés les mensurations d'astigmatisme cornéen faites au moyen de l'ophtalmomètre de MM. Javal et Schiötz.

Dans les relevés statistiques que nous avons pu consulter, on n'a consigné, en fait d'astigmatisme, que les résultats de mensurations d'après la méthode subjective ; en d'autres termes, on n'a fait que noter l'astigmatisme total d'un certain nombre d'yeux. En effet, pour étudier objectivement l'astigmatisme cornéen, on ne possédait que l'ophtalmomètre de Helmholtz. Tout le monde connaît les recherches théoriques que Donders,

Knapp, Middelburg et Mauthner ont faites sur l'astigmatisme cornéen avec cet instrument. Woinow et Reuss (1) ont eu le mérite de montrer les services que l'appareil de Helmholtz peut rendre dans un but pratique. Ils ont déterminé l'astigmatisme cornéen sur 31 yeux appartenant à 25 personnes opérées de cataracte dans la clinique d'Arlt. On n'a donc pas reculé devant les difficultés d'application de l'instrument de Helmholtz à l'étude clinique de l'astigmatisme cornéen. Mais s'il avait fallu aborder un examen des yeux sur une grande échelle, comme dans une école, une pareille entreprise aurait rencontré trop de difficultés pratiques.

M. Reuss (2) lui-même a certainement dû le sentir, car, dans ses recherches relatives à l'influence de l'âge sur la courbure de la cornée, il se voit forcé de supposer que le méridien horizontal de la cornée est le méridien principal de minimum de courbure dans tous les yeux : c'est le seul méridien qu'il ait mesuré dans ses 129 cas.

Voyant les hommes les plus expérimentés renoncer aux recherches sur l'astigmatisme cornéen avec l'instrument de Helmholtz, lorsqu'elles doivent être faites sur une grande échelle, nous n'avons pas pensé à nous en servir. C'est l'ophtalmomètre de Javal et Schiötz qui nous a permis de mesurer l'astigmatisme de la cornée sur 452 yeux chez 226 élèves de 7 à 20 ans.

Avant de rendre compte des résultats obtenus, nous allons exposer comment nous avons procédé pour nous renseigner sur l'état optique des yeux des élèves.

1° Nous avons mesuré à quelle distance l'élève peut lire, à la faveur d'un bon éclairage diurne, les capitales romaines A P O R F D Z, n° 6 de l'échelle métrique de Snellen.

2° Nous avons recherché l'astigmatisme irrégulier de la cornée; la direction des méridiens de courbure maxima et minima de la cornée; le degré d'astigmatisme régulier de la cornée; la réfraction de la cornée dans le méridien de minimum de courbure.

(1) *Ophthalmometrische Studien*, Reuss u. Woinow. Wien, 1869.

(2) Untersuchungen über den Einfluss des Lebensalters auf die Krümmung der Hornhaut nebst einigen Bemerkungen über die Dimensionen der Lidspalte, *Graefe's Arch. f. Ophth.*, XXVII, 1881.

3° Nous avons déterminé le punctum proximum de la vision binoculaire avec les types de Giraud-Teulon n° 0,33.

4° Nous avons examiné le fond de l'œil avec l'ophtalmoscope.

5° Nous avons noté l'acuité visuelle et la réfraction de chaque œil séparément avec l'optomètre de Javal, en procédant avec un éclairage artificiel d'environ trente bougies à 1 mètre.

6° Enfin, nous avons aussi examiné la perception des couleurs d'après la méthode de Holmgren. Sur 226 élèves, nous n'avons trouvé qu'un seul daltonien ; il présentait une cécité pour le vert et le rouge. Tous les autres élèves assortissaient sans hésitation les écheveaux pourpre clair et vert clair caractéristiques.

Nous exposerons les résultats conformément à l'ordre que nous avons suivi pendant notre examen, mais, avant d'entrer dans les détails, il nous semble utile de présenter un premier tableau (A) sur lequel les élèves sont classés par réfraction et par classe.

TABLEAU A.

Classe.	Nombre d'élèves.	Age.	Nombre d'emmétropes.	Pour 100.	Nombre de myopes.	Pour 100.	Degré de myopie.	Hypermétropes manifestes.	Degré d'hypermétropie.
X.....	15	7- 9	12	80	1	6,6	1-3 D.	2	1-2
IX.....	33	8-13	29	87,8	2	6	1-5	2	1-3,5
VIII.....	31	9-13	20	64,5	2	6,4	1	9	0,50-1
VII.....	24	10-13	17	70,8	2	8,3	1-6	5	1
VI.....	23	10-15	19	82,6	3	13	1,5-3	1	1
V.....	17	13-15	11	64,7	2	11,7	2-3	4	1
IV.....	26	13-16	17	65,3	6	23	1-8	3	1-1,5
III.....	17	14-19	10	58,8	4	23,5	1,5-2,5	3	0,50-1
II.....	20	15-18	13	65	5	25	0,50-2	2	2-2,50
Rhét.....	14	15-19	7	50	7	50	0,50-3,50		
Philos...	2	19 20	2	100	—	—			
Math. El.	4	17-19	1	25	3	75			

Nous avons donc d'après le nombre des élèves (226) :

Emmétropes 158 — 69,9 0/0.

Myopes	33	— 14.6 0/0.
Hypermétropes man.	31	— 13.7 0/0.
Il faut y ajouter : Antimétropes (1)	4	— 1.7 0/0.

En comptant d'après le nombre des yeux (452), nous avons la distribution suivante pour chaque groupe :

Yeux emmétropes	316 + 3 (parmi les antimétropes)	= 319.
— hypermétropes	62 + 1 (idem)	= 63.
— myopes	66 + 4 (idem)	= 70.

Nous donnons dans le tableau B les chiffres relatifs aux quatre antimétropes; ce tableau donne un aperçu du tableau général que nous avons dressé, et où chacun des élèves est inscrit avec le résultat des mensurations pratiquées sur les deux yeux :

TABLEAU B. — Antimétropes.

Classe.	Date de naissance.	Réfraction.		As. de la cornée.		Réfraction de la cornée	Acuité visuelle.		*Punctum proximum* binoculaire en centimètres.
		O. G.	O. D.	O. G.;	O. D.	O.G.; O.D.			
IX	1870	M. 1 D.	E.	$\overline{0}\pm1.25$;	0 ± 1.50	43.6; 43.2	5/6	9	O. gauche. Cône.
IV	1867	E.	M. 1. D.	0;	0	45.5; 45.5	10/6	9	
IV	1866	M. 1 D.	H. 2 D.	0 ± 0.50;	0 ± 0.50	43.2; 43.5	2/6	7	Pas de vision binoc. Strab. convergent.
Rhét.	1865	E.	M. 1 D.	0 ± 0.25;	0 ± 0.50	42 3; 42 3	9/6	9	

En travaillant avec l'ophtalmomètre de Javal et Schiötz, nous avons commencé par l'examen avec le disque à cercles concentriques, pour étudier d'abord la topographie de la cornée et pour rechercher l'*astigmatisme irrégulier*. Nous avons trouvé l'astigmatisme irrégulier de la cornée sur dix yeux appartenant

(1) Nous nous servons de ce terme, d'après la proposition du Dr Noyes, pour signifier les cas où les deux yeux présentent une différente espèce de réfraction.

à six élèves (2.2 0/0 compté par yeux, 2.6 0/0 compté par élèves). Cet astigmatisme irrégulier a été causé généralement par une kératite ancienne.

Pour déterminer *la direction des méridiens principaux* et le *degré d'astigmatisme de la cornée*, nous avons suivi les conseils que M. Javal a donnés à ce sujet dans ce journal (1). En nous servant du prisme biréfringent n° 3, nous avons mesuré la courbure de la cornée sur la circonférence d'un cercle dont le diamètre mesure 3 millimètres. L'œil observé regardait fixement le centre de l'ouverture du tube. Nous avons choisi comme position initiale des mires celle qui est indiquée sur la figure 3 (*Annales d'Oculistique*, juillet-août 1881, t. LXXXVI). Pour pouvoir mettre les deux images cornéennes dans le contact le plus net possible et pour tâcher de diminuer le chromatisme du prisme, nous nous sommes servi d'une petite plaque mince de bichromate de potasse, que l'habile opticien M. Laurent a eu l'heureuse idée d'appliquer en avant de l'oculaire.

TABLEAU C. — Position du méridien de moindre courbure.

	Yeux emm.	%	Hypermétr.	%	Myopes	%	
	—	—	—	—	—	—	
Horizontal..	254	79.6	44	69	51	72.8	
Vertical....	1	0.3	»	»	5	7.1	
Oblique.....	30	9.4	15	23.8	10	14.2	
	285	+	59	+	66	=	410
					Yeux sans ast. corn.	=	42
						Somme totale	452

Sur les 452 yeux examinés, il y a 42 yeux (9.2 0/0) sans astigmatisme cornéen mesurable (c'est à-dire avec un astigmatisme au-dessous d'un quart de dioptrie). 349 yeux ont le méridien de

(1) Voir *Annales d'Oculistique*, 1881 t. LXXXVI, p. 5, et 1882, t. LXXXVII, p. 213. Voir aussi *Revue scientifique*, juillet 1882, n° 3. Astigmatisme et Ophtalmométrie, cours de M. Gavarret, rédigé par E. Nordenson. [Articles reproduits ci-dessus]

minimum de courbure dans le sens horizonlal (77.2 0/0); 6 yeux ont ce méridien dans le sens vertical (1.3 0/0) (astigmatisme non conforme à la règle). Il y a 55 yeux qui présentent les méridiens principaux dans des sens obliques (12.1 0/0).

Ce tableau nous indique que, dans chaque groupe de réfraction, la plupart des yeux ont le méridien de minimum de courbure situé horizontalement; le méridien n'a la direction verticale que sur 6 yeux dont 5 sont myopes. Il est intéressant de noter que, dans un article de *Græfe's Archiv*. Bd. XII, 1, p. 29, M. Nagel dit que c'est surtout chez les myopes astigmates que le méridien de maximum de courbure est parfois horizontal, tandis que le cas est plus rare chez les hypermétropes.

La direction oblique des méridiens principaux de la cornée se trouve relativement plus souvent chez les hypermétropes manifestes.

Dix élèves seulement, sur 226 (4.4 0/0), n'ont présenté aucune trace mesurable d'astigmatisme cornéen. Nous réunissons les données qui les concernent en un tableau D.

TABLEAU D. — ÉLÈVES QUI NE PRÉSENTENT PAS D'ASTIGMATISME CORNÉEN

Classe.	Age.	Réfraction.	Force de réfraction de la cornée dans le méridien de minimum de courbure.		Rayon de courbure de la cornée dans le méridien de minimum de courbure.		Acuité visuelle.
			O. gauche.	O. droit.	O. gauche.	O. droit.	
X.....	7	E	43 D.	43 D.	7.84	7.84	6/6
VIII..	9	E	41.9	41.9	8.04	8.04	8/6
VIII..	9	E	43	43	7.84	7.84	9/6
VII..	13	E	39.3	39.3	8.57	8.55	10/6
V.....	13	E	40.4	40.4	8.34	8.34	12/6
V.....	13	E	43.7	43.7	7.71	7.71	12/6
V.....	13	H. 1,5	42.2	42.2	7.98	7.98	9/6
IV	13	E	44.8	44.8	7.52	7.52	8/6
II.....	15	Antimétr.	45.5	45.5	7.40	7.40	10/6
	16	E	47.3	47.3	7.12	7.12	11/6

L'élève antimétrope a été noté emmétrope de l'œil gauche et

myope à une demi-dioptrie du droit. — Après une nouvelle mensuration, nous constatons environ un tiers de dioptrie d'astigmatisme cornéen à gauche. — Nous pouvons donc dire que, parmi les élèves absolument dénués d'astigmatisme cornéen, pas un seul n'était myope.

La réfraction dans le méridien de minimum de courbure est exactement la même sur les deux yeux chez neuf élèves; chez le dixième, la différence de réfraction des deux cornées est à 0.1 dioptrie. Ces yeux se distinguent donc par leur symétrie et leur uniformité. Comme nous l'avons déjà indiqué, il y a encore quelques élèves (22) qui ont de l'astigmatisme cornéen mesurable seulement sur un œil.

Nous allons rechercher comment se comporte l'astigmatisme de la cornée chez les différents amétropes, et particulièrement la différence entre le degré d'astigmatisme des deux yeux d'une même personne. Commençons par *le groupe des emmétropes*.

TABLEAU E. — Astigmatisme cornéen chez les emmétropes.

Nombre d'élèves.	Degré d'as. corn. en dioptries		Différence en dioptries.
	O. G.	O. D.	
8	Nul.	Nul.	Nulle.
32	0.25	0.25	0
24	0.50	0.50	0
7	0.75	0.75	0
12	1	1	0
5	1.25	1.25	0
13	Nul.	0.25	0.25
4	Nul.	0.50	0.50
6	0.25	0.50	0.25
6	0.25	0.75	0.50
17	0.50	0.75	0.25
8	1	0.75	0.25
3	1	0.50	0.50
7	1	1.25	0.25
1	0.50	1.25	0.75
4	1.50	1.25	0.25
1	1.50	0.75	0.75

158 élèves = 316 yeux + 3 yeux (parmi les antimétropes)
= 319 emmétropes.

Le tableau E nous montre qu'il y a parmi les emmétropes :

8 élèves	sans astigmatisme corn. mesurable 5 0/0		=	16 yeux.
80 —	avec le même degré sur les deux yeux		=	160 —
55	avec une différence de	0.25 D.	=	110 —
13 —	— —	0.50 D.	=	26 —
13 —	— —	0.75 D.	=	4 —
158 élèves.				136 yeux.

Le degré d'astigmatisme cornéen sur les deux yeux des antimétropes est de 0.50 et 1.50 D; sur le troisième œil, il n'y a pas d'astigmatisme cornéen. Sur 319 yeux emmétropes, il y a 34 yeux sans astigmatisme cornéen, 10.6 0/0. L'astigmatisme cornéen varie chez les emmétropes de 0.25 à 1.50 D. La moyenne d'astigmatisme cornéen pour chaque œil dans le groupes des emmétropes est de 0.54.

Quant à la différence d'astigmatisme entre les deux yeux, on voit qu'elle ne dépasse notablement un quart de dioptrie que dans 10 0/0 environ des cas.

TABLEAU F. — Astigmatisme cornéen des hypermétropes.

Nombre d'élèves.	Ast. en dioptries. O. G.	Ast. en dioptries. O. D.	Différence en dioptries.
1	Nul.	Nul.	0
3	0.25	0.25	0
6	0.50	0.50	0
1	0.75	0.75	0
1	1	1	0
2	1.25	1.25	0
2	1.50	1.50	0
1	3.50	3.50	0
4	1	0.75	0.25
1	Nul.	0.25	0.25
1	Nul.	0.50	0.50
1	0.50	0.25	0.25
1	0.50	0.75	0.25
1	1	0.25	0.75
1	1	0.50	0.50
1	1	1.25	0.25
1	1	1.50	0.50
1	2	0.50	1.50
1	2.50	0.75	1.75

31 élèves = 62 yeux + 1 œil appartenant aux antimétropes
= 63 yeux hypermétropes.

Le tableau F nous montre qu'il y a :

1	élève hypermétrope sans ast. mesurable.....	2	yeux.
16	— avec le même degré sur les deux yeux....	32	—
8	— avec une différence de 0.25.....	16	—
3	— — — 0.50.....	6	—
1	— — — 0.75.....	2	—
1	— — — 1.50.....	2	—
1	— — — 1.75.....	2	—
31	élèves.	62	yeux hyp.

Il faut ajouter à ces 62 yeux 1 œil hypermétrope (0.50 ast. corn.) qui se trouve parmi les antimétropes, pour avoir la somme totale de 63 yeux hypermétropes. Sur ces 63 yeux, il y a 4 yeux sans astigmatisme cornéen (= 6.30/0). L'astigmatisme cornéen varie chez les hypermétropes de 0.25 à 3.50 D. La moyenne d'astigmatisme cornéen pour chaque œil dans ce groupe est 0.83 D. La différence d'astigmatisme ne dépasse notablement un quart de dioptrie que dans environ 20 0/0 des cas.

Groupe des myopes.

TABLEAU G. — ASTIGMATISME CORNÉEN DES MYOPES.

Nombre d'élèves.	Ast. en dioptries. O. G.	Ast. en dioptries. O. D.	Différence en dioptries.
9	0.25	0.25	0
3	0.50	0.50	0
2	0.75	0.75	0
4	1	1	0
1	1.25	1.25	0
2	1.50	1.50	0
3	0.25	0.50	0.25
2	Nul.	0.25	0.25
1	1	0.50	0.50
1	Nul.	0.50	0.50
1	0.75	0.50	0.25
1	0.75	0.25	0.50
1	0.25	2	1.75
1	1.25	0.25	1
1	2.50	1.50	1

33 élèves = 66 yeux + 4 yeux myopes (parmi les antimétropes) = 70 yeux myopes.

D'après ce tableau, il n'y a pas un myope qui soit sans astigmatisme sur les deux yeux.

Nous voyons également qu'il y a :

	21 élèves myopes avec le même degré d'ast. corn. sur les deux yeux	42 yeux.
+	12 élèves myopes avec ast. cornéen d'un degré différ.	24 —
=	33 élèves = 66 yeux + 4 yeux parmi les antimétr.	= 70 yeux m.

Sur ces 70 yeux, il y en a 4 sans astigmatisme cornéen mesurable (5.7 0/0).

L'astigmatisme cornéen chez les myopes varie de 0 à 2.50. La moyenne d'astigmatisme pour chaque œil dans le groupe des myopes est 0.62 D. Comme pour les hypermétropes, chez environ 20 0/0 la différence d'astigmatisme entre les deux yeux dépasse un quart de dioptrie. En résumé, dans les trois groupes de réfraction, on trouve plus d'enfants avec le même degré d'astigmatisme cornéen sur les deux yeux qu'avec un degré différent. Dans le groupe des hypermétropes, on trouve relativement le plus grand nombre d'yeux avec un degré différent sur les deux yeux. Le degré le plus haut d'astigmatisme cornéen se trouve chez un hypermétrope. La moyenne d'astigmatisme cornéen paraît être plus grande chez les hypermétropes.

Mais les chiffres sur lesquels nous opérons sont beaucoup trop peu nombreux pour permettre de considérer ces conclusions comme générales. Il paraît seulement acquis : 1° que la myopie sans astigmatisme mesurable est peu fréquente; 2° que, dans au moins quatre cas sur cinq, la différence d'astigmatisme cornéen est négligeable.

Nous allons maintenant étudier la relation entre l'astigmatisme cornéen et l'acuité visuelle dans le groupe des emmétropes. Il faut certainement admettre que ce groupe renferme un grand nombre d'élèves avec hypermétropie latente, que nous n'avons pas déterminée.

Réunissons d'abord en un tableau (H) les chiffres sur lesquels nous allons raisonner.

TABLEAU H. — Acuité visuelle chez 158 emmétropes en relation avec leur astigmatisme cornéen.

	Astigmatisme cornéen						
S.	0-0.25	0.50	0.75	1	1.25	1.50	
13/6	1			1			= 2
12/6	4	5	3	3	1		16
11/6	8	4	1	1	1	1	16
10/6	15	7	9	6	2		39
9/6	14	7	5	6	5	1	38
8/6	8	5	7	3	3		26
7/6	3	3	4	1	1		12
6/6	2	1	1	1		2	7
5/6				1	1		2
	55	32	30	23	14	4	=158

C'est au moyen des chiffres du tableau H ci-dessus que nous avons tracé le diagramme ci-dessous; les abscisses mesurent le degré d'astigmatisme en dioptries, et les ordonnées représentent l'acuité visuelle moyenne correspondant à chaque degré d'astigmatisme.

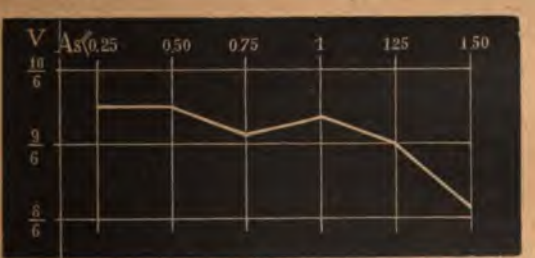


Fig. 35.

D'après le tableau H, on voit que l'acuité visuelle, chez les astigmates de 0,25 à 1,50 dioptries, varie de 5/6 à 13/6. Les deux cas qui présentent une acuité visuelle 5/6 obtiennent l'acuité visuelle supérieure à 6/6 par l'emploi du verre cylindrique correcteur.

D'après la courbe, l'acuité visuelle moyenne, chez les jeunes emmétropes astigmates de 7 à 20 ans, est supérieure à celle

qu'on a prise, d'après Snellen, comme « à peu près moyenne ». De Haan (1862) et beaucoup d'autres après lui ont démontré que l'acuité visuelle, surtout chez les jeunes gens, est supérieure à la normale de Snellen.

D'autre part, nos chiffres démontrent qu'un *astigmatisme cornéen d'une dioptrie et demie n'empêche pas les jeunes gens d'avoir une acuité visuelle supérieure à* 6/6. Ces jeunes gens voient généralement plus mal quand on leur propose les verres cylindriques exactement correcteurs de leur astigmatisme cornéen. Sur notre tableau, on rencontre une acuité visuelle 13/6 malgré une dioptrie d'astigmatisme de la cornée, et parmi les jeunes gens, la grande majorité des yeux emmétropes astigmates ont une acuité supérieure à 6/6. On savait déjà que certaines personnes ayant un astigmatisme très notable ne se plaignent pas de leur vision. Thomas Young, par exemple, dit qu'il n'était pas gêné dans ses études par son astigmatisme de 1,6 D. (1/25, ancienne mesure). Donders, Knapp et Javal ont cité des cas d'astigmatisme avec acuité visuelle normale. Le symptôme à cause duquel les astigmates viennent le plus souvent consulter est l'asthénopie. Nous avons eu dernièrement l'occasion d'étudier un cas d'astigmatisme cornéen d'une dioptrie aux deux yeux, chez un confrère de 24 ans. Il possède une amplitude d'accommodation de 8 D et une acuité visuelle de 8/6. Il n'accuse pas d'insuffisance des droits internes, mais il est très tourmenté d'une asthénopie qui cède à la correction de l'astigmatisme. Les cas de ce genre démontrent qu'une acuité visuelle supérieure à la normale ne permet en aucune façon d'exclure l'astigmatisme cornéen et qu'il faut toujours, dans les cas d'asthénopie, chercher l'astigmatisme parmi les causes probables.

En regardant notre tableau, on ne peut pas éviter de se demander comment les jeunes gens avec un astigmatisme cornéen prononcé peuvent avoir une acuité visuelle souvent considérable. De quelle manière peuvent-ils neutraliser la déformation qu'un astigmatisme cornéen doit apporter dans les images rétiniennes? Faut-il croire que les jeunes gens ont la faculté de neutraliser les images de diffusion ou qu'ils savent bien déchiffrer les caractères des échelles typographiques quand une des lignes focales tombe sur la rétine? Faut-il admettre que le rétrécissement de la pupille causé par le bon éclairage diurne

dont nous avons joui pendant tout notre examen et un clignement léger des paupières ont contribué dans une mesure suffisante à diminuer la grandeur des lignes focales et des images de diffusion? Si l'on ne veut pas se contenter de ces suppositions, il faut recourir à d'autres hypothèses.

L'œil se compose de deux appareils réfringents, la cornée et le cristallin. Les surfaces du cristallin peuvent aussi présenter de l'astigmatisme. La position de cette asymétrie du cristallin peut coïncider avec celle de l'asymétrie de la cornée, ou affecter une direction différente. Il peut arriver que les effets des deux appareils s'augmentent ou s'annulent complètement. Dans le dernier cas, il y aurait une correction parfaite de l'astigmatisme de la cornée par l'astigmatisme statique du cristallin (Donders, Knapp). La correction de l'astigmatisme cornéen pourrait se faire aussi par l'inclinaison du cristallin sur l'axe visuel. Si l'astigmatisme de la cornée n'est corrigé, ni par un astigmatisme statique du cristallin, ni par l'inclinaison du même organe, il ne peut plus être corrigé que par un astigmatisme cristallinien dû à l'accommodation.

Giraud-Teulon(1) est un des premiers qui aient fait la supposition que l'astigmatisme cristallinien peut se produire par une contraction irrégulière du muscle ciliaire. Dobrowolsky(2)(1868) a publié des cas de spasme du muscle ciliaire, causant les signes d'un astigmatisme, et qui ont diminué et même cédé à l'usage prolongé de l'atropine. Parmi les observations de cet auteur, on trouve aussi des cas où le malade examiné d'après la méthode subjective n'a pas accusé l'astigmatisme. Ce défaut visuel apparaissait lors d'un nouvel examen après un traitement par l'atropine. De ces observations et des expériences qu'il a faites sur ses propres yeux au moyen des verres cylindriques qui lui donnaient un astigmatisme temporaire, Dobrowolsky a conclu à la possibilité d'une contraction irrégulière du muscle ciliaire, dont l'effet serait de donner au cristallin une forme dissymétrique propre à neutraliser l'astigmatisme statique de l'œil ou l'effet des verres cylindriques placés devant un œil non astigmate. Il se pourrait, d'après Dobrowolsky, que l'astigma-

(1) Nagel. Die Refractions-und Accommodationsanomalieen des Auges, Tübingen 1866.
(2) *Graefe's Archiv für Ophthalmologie*, 1868.

tisme du cristallin indiqué par Donders et Middelburg, comme étant ordinairement inverse de celui de la cornée, fût presque purement fonctionnel et destiné à corriger l'astigmatisme de la cornée. Le mérite d'avoir appelé l'attention des oculistes sur l'astigmatisme fonctionnel du cristallin revient à M. Dobrowolsky. Seulement il est à regretter qu'il n'ait pas complété ses observations cliniques par un examen objectif sur la forme de la cornée. Sans ce renseignement, on ne saurait évaluer la relation entre l'astigmatisme statique et l'astigmatisme fonctionnel de l'œil.

Thomson (1) a publié, en 1875, des observations sur l'astigmatisme correcteur du cristallin. Il cite un cas où il a vu l'acuité visuelle d'un œil, originairement normale, s'abaisser après l'atropinisation. Il a réussi à faire augmenter l'acuité visuelle de l'œil atropinisé, en donnant un verre cylindrique d'une dioptrie. Thomson suppose que l'observé corrigeait son astigmatisme par un effort d'accommodation. Un autre Américain, Gradle (1879) (2), a augmenté la casuistique de la myopie astigmatique d'un cas où l'astigmatisme subjectif a augmenté après l'instillation d'atropine. Suivant la théorie de M. Dobrowoslky, il suppose que son malade a neutralisé son astigmatisme statique par une contraction irrégulière du muscle ciliaire. Landesberg (3) (1881) a publié une série d'observations sur la myopie et sur l'hypermétropie, avec ou sans spasme d'accommodation, accompagnées d'un astigmatisme subjectif qui a varié sous l'influence de l'atropine.

Les observations de ces divers auteurs perdent beaucoup de leur valeur par le manque de mensurations ophtalmométriques sur la forme de la cornée. Il faut aussi dire qu'il est difficile de suivre M. Landesberg dans ses explications, quand il prétend que l'asymétrie cornéenne est causée et influencée par l'action du muscle ciliaire. Il est impossible d'apprécier la valeur des publications sur l'astigmatisme fonctionnel, quand elles ne contiennent pas d'indications sur la courbure de la cornée. Pour démontrer la présence d'un astigmatisme cristallinien, il est nécessaire de prendre les mesures ophtalmométriques de la

(1) *Transactions Amer. Ophth. Society*, p. 310-318.
(2) *Journal of medical science*, New-York, 1879. Action of the ciliary muscle in astigmatisme.
(3) *Archives de Graefe*, XXVII, 1881.

cornée. Une observation sur l'astigmatisme spasmodique du cristallin, publiée par M. Unterharnscheid (1), a d'autant plus de valeur qu'il l'a accompagnée des mesures ophtalmométriques de la cornée. Il s'agit d'un myope avec spasme d'accommodation traité par un confrère au moyen de l'atropine. M. Unterharnscheidt trouva un astigmatisme cornéen tout à fait physiologique, mais son malade accusait par la méthode subjective un astigmatisme dont l'auteur ne signale pas le degré, mais qu'il attribue au cristallin. Cet astigmatisme ne disparut que huit semaines après que le malade eut cessé l'usage de l'atropine. Pour expliquer ce cas, Unterharnscheidt recourt à l'hypothèse de Dobrowolsky, mais avec un peu d'hésitation. Il se demande si les fibres du muscle ciliaire n'ont pas été irrégulièrement paralysés par l'atropine. Si M. Unterharnscheidt avait eu l'occasion d'examiner ce malade avant la cure d'atropine, il aurait certainement trouvé le même astigmatisme. Ayant vu plusieurs cas de spasme du muscle ciliaire avec astigmatisme cristallinien sans l'influence de l'atropine, nous nous croyons autorisé à faire cette supposition. Nous trouvons cette même hypothèse parmi les réflexions que M. Unterharnscheidt fait sur ce cas.

Les mensurations ophtalmométriques de la cornée ont leur valeur pour le clinicien, non seulement pour l'étude de l'astigmatisme cristallinien fonctionnel correcteur de l'astigmatisme causé par un spasme du muscle ciliaire chez les amétropes, elles ont aussi leur grande importance quand on veut étudier l'astigmatisme du cristallin provoquée par une contusion sur le bulbe de l'œil ou par un traumatisme quelconque. M. Berlin (2) a, dès 1873, poursuivi des études sur la pathogénie du spasme du muscle ciliaire, avec myopie et astigmatisme cristallinien dans les cas de traumatisme du bulbe de l'œil. Le muscle contusionné se contracterait irrégulièrement. Nous n'avons pas besoin d'insister plus longuement sur l'avantage des mensurations de la cornée, pour pouvoir bien juger le rapport entre l'astigmatisme provoqué par le traumatisme et celui qui peut dépendre de la cornée.

Dans la littérature ophtalmologique, on parle aussi d'un

(1) Ueber incomplete Oculomotoriuslähmung und accommodativen Linsenastigmatismus, *Klin. Monatsblätter*, Febr. 1882.

(2) Zur sogenannten commotio retinæ, *Klin. Monatsblätter*, Febr. 1882.

astigmatisme cristallinien causé par une paralysie partielle du muscle ciliaire. Hensen et Völckers (1) ont les premiers appelé l'attention sur l'astigmatisme cristallinien causé par paralysie partielle du muscle ciliaire. Nous devons à M. Unterharnscheidt (2) une observation sur un cas de parésie de l'accommodation dépendant de la chlorose avec un astigmatisme qui, d'après les mesures ophtalmométriques de la cornée, ne peut provenir que du cristallin.

Grâce à son ophtalmomètre et au nouveau modèle de son optomètre, M. Javal a pu faire, pendant ces deux dernières années, des études comparatives entre l'astigmatisme statique et l'astigmatisme fonctionnel. Les résultats de ces études ont été déjà exposés dans plusieurs articles de ce journal. M. Javal est arrivé à cette conclusion « que l'œil astigmate est souvent « déformé dans la totalité dans le même sens et de telle sorte « qu'il y a un peu d'astigmatisme cristallinien statique s'ajou- « tant à l'astigmatisme cornéen. En général, chez les astigmates « de 1 à 3 dioptries, la part du cristallin est négligeable, tandis « qu'elle devient parfois très appréciable quand l'astigmatisme « est fort, surtout chez les hypermétropes. Il arrive chez les « sujets jeunes que l'astigmatisme accommodatif arrive à cor- « riger et même à surcorriger l'astigmatisme cornéen. Par un « admirable mécanisme, le cristallin se déforme d'une manière « dissymétrique pour corriger le défaut optique de la cornée ».

Pour expliquer ces observations d'astigmatisme cristallinien, les cliniciens se trouvent forcés de supposer que le muscle ciliaire se contracte dissymétriquement et peut être paralysé partiellement. Désireux d'étudier l'influence de l'accommodation sur le cristallin, Woinow (3) a fait une expérience sur ses propres yeux. Neutralisant sa cornée avec un orthoscope à eau (d'après la méthode de Thomas Young), et immobilisant sa tête au moyen d'une tablette couverte de cire à cacheter, dans laquelle il imprimait ses dents, il regardait à une distance de 15 pieds à travers l'orthoscope et une lentille convexe 21/4 à 33/4.

(1) Experimentale Untersuchungen über den Mechanismus der Accommodation, 868, p. 17.

(2) *Loc. cit.*

(3) Zur Frage über die Accommodation, *Archives de Graefe*, 1869. *Annales d'Oculistique*, 1870.

la table de Becker (pour la détermination de l'astigmatisme). Woinow constata ainsi que son cristallin présentait un astigmatisme régulier. Sans accommodation ou après l'instillation de l'atropine, il voyait bien les lignes horizontales; avec le plus grand effort d'accommodation, il ne distinguait plus nettement que les lignes verticales. Pendant le parcours de l'accommodation, il prétend qu'il voyait mieux les lignes obliques, résultat sujet à caution, de même que nous sommes surpris qu'il ait vu l'orientation des lignes vues nettement varier graduellement pendant le parcours de l'accommodation. Ce n'est que vers la fin de l'expérience qu'il put voir toutes les lignes de différentes directions avec la même netteté durant une à quatre secondes. Cette dernière observation nécessiterait la présence de contractions irrégulières et démontre le caractère spasmodique des contractions. Woinow tire de son expérience cette conclusion qu'on peut, par des contractions régulières et uniformes du muscle ciliaire, modifier les courbures du cristallin dans divers méridiens et changer l'orientation de ses courbures principales. D'après les faits de Woinow et les observations cliniques mentionnées ci-dessus, on doit considérer comme hors de doute qu'on peut provoquer volontairement un astigmatisme du cristallin soit par des contractions régulières (Woinow), soit par des contractions asymétriques.

Il est acquis par nos observations que les jeunes gens doués d'une acuité visuelle supérieure à la normale peuvent présenter cependant une asymétrie de la cornée allant jusqu'à une dioptrie et demie, suffisante pour produire un astigmatisme appréciable. Ils voient sans gêne aussi bien de loin que de près. Un tel fait parle en faveur de l'existence d'un appareil correcteur de l'astigmatisme cornéen, constitué par le muscle ciliaire et le cristallin.

Nous ne pouvons faire mieux que citer ce que M. Leroy dit dans ses *Études théoriques sur l'astigmatisme* (1). « Le cristallin « muni de son muscle ciliaire représente un véritable régulateur « dioptrique de l'œil, dont la fonction comprend non seulement « la mise au point, mais aussi la correction des images au point « de vue des troubles que pourraient y apporter, sous forme

(1) Dor et Meyer. *Revue générale d'ophtalmologie*, tome I, p. 181.

« d'astigmatisme, les imperfections de courbure et de centration « des surfaces réfringentes de l'œil. » Le cristallin, on peut le dire, joue donc le rôle d'un verre convexe et cylindrique d'une valeur dioptrique variable et d'une orientation variable des axes principaux, et il fonctionne de manière à faire parvenir à la rétine des rayons homocentriques. Il faut se bien souvenir que toutes ces subtilités de raisonnement concordent parfaitement avec la théorie du mécanisme de l'accommodation, telle qu'elle a été imaginée par Helmholtz.

Devons-nous recourir à cette hypothèse d'une correction de l'astigmatisme cornéen par un astigmatisme accommodatif du cristallin, pour expliquer ce fait que des jeunes gens emmétropes et hypermétropes peuvent avoir une acuité visuelle de beaucoup supérieure à la normale de Snellen, malgré un astigmatisme cornéen d'une dioptrie et demie? Nous sommes certainement forcés d'admettre cette hypothèse pour les emmétropes astigmates, quand ils peuvent lire le n° 0,33 de Giraud-Teulon à 7 centimètres, et pour les hypermétropes astigmates, quand ils lisent à une distance de 6 à 13 mètres les lettres latines du n° 6 métrique de Snellen.

L'hypermétrope dont l'astigmatisme cornéen présente la courbure maxima dans le méridien vertical, est forcé de faire contracter son muscle ciliaire, surtout les fibres horizontales, pour avoir une image nette des lettres situées à une distance de 6 à 13 mètres.

L'effort d'accommodation doit s'augmenter encore davantage, surtout pour les fibres situées dans le plan horizontal, s'il veut avoir des images nettes des lettres fines placées tout près de l'œil. Un emmétrope avec astigmatisme de la cornée (astigmatisme myopique ou hypermétropique simple de Donders) doit aussi faire des contractions du muscle ciliaire, plus accentuées dans le sens du méridien de minimum de courbure de la cornée, pour avoir des images rétiniennes nettes en regardant des lettres fines voisines de l'œil. L'hypermétrope avec astigmatisme et l'emmétrope avec astigmatisme hypermétropique simple peuvent obtenir une bonne acuité visuelle en regardant de loin ou de près, grâce aux contractions dissymétriques du muscle ciliaire.

Un emmétrope avec astigmatisme myopique simple de la

cornée, regardant de loin, ne peut pas augmenter son acuité visuelle par un effort d'accommodation, qui ne servirait qu'à le rendre plus myope. S'il peut lire à 6 mètres ou à une distance plus grande le n° 6 métrique de Snellen, il sait déchiffrer les lettres latines quand la ligne focale verticale postérieure tombe sur la rétine. C'est bien connu par les travaux de M. Javal (1865) que les astigmates préfèrent la ligne focale verticale pour lire les lettres latines. On peut faire des études comparatives sur sa propre acuité visuelle avec le tableau de Snellen, en se donnant, avec un verre cylindrique convexe, tantôt un astigmatisme conforme à la règle, tantôt un astigmatisme contraire à la règle. Nous avons examiné l'acuité visuelle sur chacun de nos propres yeux à la lumière du jour, avec le tableau de Snellen (des lettres latines), en tournant devant l'œil des verres convexes cylindriques. Nous avons trouvé à chaque œil une acuité visuelle 7/6 de Snellen avec un astigmatisme artificiel d'une dioptrie conforme à la règle; avec un astigmatisme artificiel d'une dioptrie contraire à la règle, notre acuitévisuelle s'abaissait à 6/12 de Snellen.

On trouve sur le tableau H, deux élèves (de 8 et de 13 ans) avec un astigmatisme cornéen d'une dioptrie et quart, conforme à la règle. Ils présentent une acuité visuelle 5/6; ils peuvent lire le n° 0,33 Giraud-Teulon à une distance de 9 centimètres; avec le verre cylindrique 0°—1, l'acuité visuelle monte à 6/6; ces deux cas démontrent l'importance des verres cylindriques correcteurs pour les jeunes emmétropes avec astigmatisme myopique simple.

Les jeunes hypermétropes faiblement astigmates et les emmétropes avec un léger astigmatisme hypermétropique, refusent les verres correcteurs cylindriques et préfèrent compenser l'astigmatisme de la cornée par un astigmatisme dynamique du cristallin, pour avoir une acuité visuelle excellente. Ils y réussiront, tant que la contractilité du muscle ciliaire et l'élasticité du cristallin garderont la force voulue. Le conseil à donner à ces jeunes gens est de travailler toujours avec un bon éclairage, et de recourir aux verres cylindriques dès qu'ils sentiront les atteintes de l'asthénopie.

Passons maintenant à l'étude de la différence qui peut exister entre la force réfringente des deux cornées d'une même per-

sonne. — Pour rendre nos résultats comparables à ceux des observateurs qui nous ont précédé et qui ont mesuré le méridien horizontal, nous ferons usage des résultats de nos mensurations sur les méridiens de plus faible courbure.

Le tableau I nous apprend que, quel que soit l'état de réfraction de chaque œil, la différence de force réfringente des deux cornées n'atteint pas deux dixièmes de dioptrie dans la moitié des cas.

TABLEAU I. — Différence de réfraction des méridiens de courbure minima sur les deux yeux.

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.5	2	2.5	
Emmétropes.....	80	19	24	15	12	7	4	2	3	»	»	»	1	»	= 158
Hypermétropes..	10	7	3	3	2	2	»	2	»	1	1	»	»	»	= 31
Myopes.....	12	4	5	3	»	3	»	2	»	1	1	1	»	1	= 33
Antimétropes....	2	»	»	1	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	= 4
														Somme totale.....	= 226

La moyenne de force de réfraction de la cornée (1) *dans le méridien de minimum de courbure pour tous les yeux* (*452*) *examinés est 42.8 D*, qui correspond à un rayon de courbure de 7.87 millimètres. Mais, d'après certaines causes d'erreur que nous avons constatées après coup, et qui s'appliquent aux enfants de 9 à

(1) Plusieurs confrères ayant été surpris, au premier abord, par le système qui consiste à parler de dioptries de réfraction cornéenne, il nous paraît utile de donner ici la démonstration de la formule de Javal, $rx = 337$.

Nous ferons remarquer tout d'abord qu'il faut, avec Helmholtz, prendre pour indice de réfraction de la surface antérieure de l'œil $n'' = 1{,}337$, qui est à la fois l'indice des larmes et de l'humeur aqueuse ; il n'y a pas à s'occuper de l'indice de la cornée, qui agit comme une lame à surfaces parallèles comprise entre deux liquides. C'est pour abréger que nous parlerons de foyers de la cornée.

Soient f' la distance focale antérieure et f'' la distance focale postérieure de la cornée, mesurées à partir de son sommet, r son rayon de courbure, n' l'indice de réfraction de l'air, n'' celui de la partie antérieure de l'œil, la formule classique est :

$$\frac{n'}{f'} + \frac{n''}{f''} = \frac{n''-n'}{r};$$

remplaçant n' par 1 et n'' par 1,337, la formule devient :

$$\frac{1}{f'} + \frac{1.337}{f'} = \frac{0.337}{r}$$

Voici maintenant l'artifice de M. Javal. Il dit que la force réfringente de la cornée est p dioptries quand les rayons émanés d'un point antérieur

11 ans, nous croyons ce chiffre un peu trop faible. Disons donc que le chiffre moyen est environ 43 dioptries et que le rayon de courbure est généralement compris entre 7 3/4 et 8 pour les emmétropes et les hypermétropes, tandis qu'il est compris entre 7 1/2 et 7 3/4 pour les myopes.

Voyons les chiffres trouvés par les anciens observateurs pour le méridien horizontal sur les individus au-dessous de l'âge de 20 ans. Donders (1) a trouvé comme moyenne 7.93 chez 20 jeunes gens au-dessous de 20 ans. Parmi les yeux dont Mauthner a donné des mensurations (*Die Optischen Fehler des Auges*, p. 598 *et suiv.*), nous trouvons 42 yeux appartenant à 21 jeunes gens au-dessous de 20 ans. La moyenne de rayon de courbure de la cornée pour ces yeux est 7.675 millimètres. Reuss (2) a mesuré le rayon de courbure de la cornée sur 95 yeux chez des garçons de 7 à 20 ans. La moyenne de ces mensurations est 7.51. La dernière ligne du tableau K résume les résultats ci-dessus mentionnés.

La moyenne de réfraction de la cornée dans le méridien de minimum de courbure pour chaque groupe de réfraction est indiquée au tableau suivant :

TABLEAU K. — MENSURATION DE CORNÉES DE JEUNES GENS.

	Donders.	Mauthner (3).	Reuss (4).	Nordenson.
	—	—	—	—
Emmétropes.....	7.78=43.3	7.72=43.6	7.41 =45.4	7.892=42.7
Hypermétropes....	7.96=42.3	8.13=41.4	7.502=44.9	7.929=42.5
Myopes.....	7.87=42.8	7.56=44.5	7.60 =44.3	7.729=43.6
Moyenne générale..	7.93=42.5	7.67=43.9	7.51 =44.9	7.87 =42.8

situés à une distance $1/p$ sont ramenés au parallélisme. — Pour que cela ait lieu dans l'équation ci-dessus, il faut faire f'' infini. En tenant compte de ce que les dioptries s'expriment en mètres, tandis que le rayon de la cornée se mesure en millimètres, il vient alors :

$$r = \frac{337}{r}$$

(1) Die Anomalien der Refraktion und Accommodation des Auges. Wien 1866, p. 77.

(2) Archives de de Græfe, XXVII, I.

(3) Mauthner, *l. cit.*, a publié des mensurations sur 16 yeux E (de 16 à 19 ans)
4 yeux H (de 10 à 20 ans)
22 yeux M (de 10 à 19 ans).

(4) Reuss, *l. cit.*, 41 E (de 7 à 20 ans)
30 H (idem)
25 M (idem).

Comme Mauthner, nous avons trouvé le rayon moyen le plus petit dans le groupe des myopes. La réfraction de la cornée dans le méridien de minimum de courbure varie pour tous les yeux de 38.3 à 47.3 D.

Reuss a pris la moyenne des rayons de courbure de la cornée chez des élèves de différents âges, afin d'étudier l'influence de l'âge sur la courbure de la cornée. La série des moyennes que M. Reuss a obtenue est présentée au tableau L, à côté de la série des moyennes que nous avons trouvées pour chaque âge.

TABLEAU L.

AGE	REUSS		NORDENSON	
	Nombre d'yeux.	La moyenne pour ρ de courbure de la cornée.	Nombre d'yeux.	La moyenne pour ρ de courbure de la cornée.
7	9	7.48	16	7.8
8	9	7.498	22	7.93
9	15	7.407	30	7.8
10	15	7.46	60	7.8
11	14	7.45	44	7.98
12	11	7.568	34	7.82
13	8	7.68	44	7.87
14			44	7.85
15			48	7.87
16			28	7.8
17	15	7.73	38	7.99
18			12	7.99
19			10	7.89
20			2	8

Les moyennes de M. Reuss présentent à peu près le même chiffre pour les élèves de 7 à 11 ans; pour les élèves de 12 à 20 ans, la moyenne est plus forte. Reuss en a tiré la conclusion que, dans les douze premières années de la vie, la cornée ne change pas de courbure. Ce ne serait que vers la treizième année que l'allongement du rayon de courbure de la cornée commencerait à se prononcer. Nos chiffres pour le rayon de courbure diffèrent de ceux de M. Reuss. La série de nos

moyennes pour les différents âges n'accuse pas une différence assez brusque pour nous autoriser à conclure qu'il se produit un changement dans la forme de la cornée à un âge bien déterminé. Le nombre de nos mensurations et de celles de M. Reuss n'est pas assez considérable pour montrer clairement les modifications de courbure de la cornée par l'influence de l'âge. Nous sommes le premier à reconnaître la valeur des mensurations ophtalmométriques pour évaluer l'influence de l'âge sur la courbure de la cornée. Mais, pour qu'il fût légitime de tirer des conclusions probantes, il faudrait prendre la moyenne de courbure de la cornée pour chaque âge dans chaque groupe de réfraction (1). C'est dans ce but que nous avons dressé le tableau M, où sont inscrites les moyennes du rayon de courbure de la cornée que nous avons trouvées pour chaque âge dans les trois groupes de réfraction.

TABLEAU M.

Age.	E	Nombre d'yeux.	H	Nombre d'yeux.	M	Nombre d'yeux.
7	7ρ87	14			7ρ39	2
8	7,89	20	8ρ26	2		
9	7,97	42	7,87	2	7,56	2
10	7,82	38	7,93	4	7,56	2
11	7,99	34	7,92	1	7,93	4
12	7,82	29	7,78	8	7,73	1
13	7,93	26	7,97	12	7,58	8
14	8	30	7,66	9	7,64	12
15	7,89	31	7,98	5	7,69	9
16	7,78	20	7,97	9	7,75	5
17	8	27	7,63	8	7,8	9
18	8,18	4			7,8	8
19	7,84	2			7,91	8
20	8	2				

Ces chiffres ne nous montrent pas non plus une diminution progressive de la courbure de la cornée avec l'âge. Nous

(1) Il ne faut pas oublier d'ailleurs que les résultats fournis par l'ophtalmomètre Javal et Schiötz sont moins précis en ce qui concerne la mesure de la cornée que pour la mensuration de l'astigmatisme : les chiffres relatifs à la courbure sont notablement trop faibles quand l'observateur ne sait pas mettre son accommodation au repos.

avons aussi calculé la moyenne de force de la réfraction de la cornée pour chaque âge, et nous avons employé ces chiffres pour dresser des courbes que nous ne reproduisons pas ici, mais dont l'aspect nous apprend que toutes les moyennes de Reuss sont plus fortes que les nôtres. Nous voyons en outre que les valeurs des moyennes des myopes sont plus fortes que celles des emmétropes et des hypermétropes. Nos courbes ne révèlent pas, comme l'indique Reuss, que la diminution de force réfringente de la cornée se produise à l'âge précis de douze ans. Elles n'indiquent pas non plus une diminution régulière de force de réfraction de la cornée avec l'âge. Il n'y a cependant pas lieu de douter qu'on ne réussisse, à l'avenir, à démontrer nettement avec l'ophtalmomètre les phases de diminution de force de réfraction de la cornée par l'influence de l'âge, quand on aura recueilli un assez grand nombre de bonnes observations. Il ne suffit pas de mesurer une seule fois un certain nombre d'individus de différents âges. Il serait d'un grand intérêt, si l'on pouvait faire la comparaison entre des mensurations ophtalmométriques répétées sur les mêmes individus à des intervalles réguliers et faites d'après la même méthode. Nous sommes convaincu que des observations faites dans ce but ne manqueront pas, maintenant que l'ophtalmométrie a été dotée d'un instrument transportable et facile à manier.

Dans les grandes cliniques ophtalmologiques, on a toute facilité pour étudier la courbure de la cornée dans les yeux de différents degrés d'amétropie. Le professeur Sczelkow (1), à Charkow, a publié en 1880 trois cas, où il a pu remesurer la cornée avec l'ophtalmomètre de Helmholtz après huit ans. Dans deux de ces cas, il a trouvé peu de changement; dans le troisième cas, avec une myopie héréditaire, il a trouvé, en 1872, un rayon de 7.204 et en 1880 un rayon de 7.372, c'est-à-dire un allongement du rayon de 0.168 en huit ans : c'est le contraire de ce qu'on eût présumé. Cette communication montre tout l'intérêt qui s'attache aux mensurations répétées sur les mêmes individus.

L'occasion de recueillir une statistique des mensurations

(1) *Centralblatt für med. Wissenschaften*, 1880.

ophtalmométriques se présenterait aussi facilement dans les écoles, si l'on y organisait des examens réguliers des yeux des élèves. Les comptes rendus sur les résultats de ces examens fourniraient des renseignements précieux relativement à l'influence de l'hygiène scolaire sur les yeux différents et sur les modifications de forme que l'œil peut subir pendant l'enfance et l'adolescence.

Les examens en masse ont démontré depuis longtemps l'importance et la nécessité de l'hygiène de la vue dans les écoles. Il s'agit maintenant d'introduire un système d'examen régulier des yeux des écoliers, qui servirait à prévenir le plus sûrement la progression fâcheuse des vices de réfraction de l'œil. Il est à désirer qu'on choisisse un système qui, tout en enrichissant l'ophtalmologie d'une statistique scientifique, eût pour effet d'assurer une bonne hygiène de la vue dans les écoles. Pour mieux atteindre ce but, il faudrait examiner les yeux des écoliers deux fois au moins pendant leur vie scolaire. Pour *le premier examen*, il faudrait prendre l'élève à l'entrée dans l'école. A ce moment, l'oculiste examinateur aura l'occasion de bien constater l'état des yeux avant qu'ils n'aient été soumis aux fatigues des études; il serait à même de donner des conseils dont l'observation, tant à l'école qu'au domicile paternel, pourrait arrêter les progrès d'une myopie s'accusant dès l'enfance, et il pourrait également donner des indications pour le traitement convenable d'un astigmatisme, d'une hypermétropie ou d'un strabisme, qu'il est moins difficile de guérir quand on assiste à son début.

De quel réel avantage ne serait-il pas aussi de faire connaître à temps au jeune garçon l'existence d'une cécité des couleurs? On lui épargnerait ainsi la déception de se voir refuser inopinément plus tard l'entrée, soit dans une école spéciale comme l'école navale, ou de devoir renoncer à certaines professions où la perception parfaite des couleurs est nécessaire. On pourrait faire le second examen au moment où l'élève finit ses études. Ce serait alors le moment de juger l'influence des conditions hygiéniques de la vie scolaire sur les yeux, en comparant les résultats des deux examens. Mais, comme le but principal des examens des yeux est de prévenir le plus sûrement possible l'augmentation de la myopie, il serait bien

préférable de soumettre au *second examen* les élèves lorsqu'ils ont l'âge de treize ou quatorze ans. C'est généralement à cet âge que la myopie commence à faire sentir ses effets, et à s'accentuer assez pour que l'élève emploie des verres plus ou moins bien appropriés. C'est à cette époque surtout qu'il serait de l'intérêt des élèves de se servir de verres convenables. Nous sommes convaincu que ce système, rigoureusement suivi, servirait à garantir une bonne hygiène oculaire dans les écoles. La détermination de la réfraction de l'œil est tellement facilitée par les instruments commodes que l'ophtalmologie moderne possède : l'ophtalmoscope à réfraction, l'ophtalmomètre et l'optomètre de M. Javal, que l'examen d'une centaine d'élèves par an dans un collège ne prendrait pas beaucoup du temps d'un spécialiste. L'exactitude de la détermination de la réfraction statique de l'œil serait encore plus assurée si l'on pouvait suivre l'exemple du Dr Dürr (1), à Hanovre, qui a pu employer l'homatropine pour ses remarquables recherches sur les yeux des écoliers. Cette manière de supprimer l'accommodation ne présente pas les inconvénients de l'atropine, parce que l'effet de l'homatropine ne persiste pas au delà de vingt-quatre heures.

Pour la mensuration rapide et exacte de l'astigmatisme cornéen, il n'existe pas actuellement d'instrument plus utile et plus commode que l'ophtalmomètre de Javal et Schiötz. En moins d'une minute, on est exactement renseigné sur la direction et sur la valeur de l'astigmatisme cornéen. Avec cet instrument, pas un seul cas d'astigmatisme cornéen supérieur à un quart de dioptrie ne peut échapper à l'observateur. La valeur de cet instrument se fait sentir d'autant plus si l'on a à juger l'état optique d'un grand nombre d'yeux. L'expérience nous autorise à dire qu'il rendra de très grands services pour l'examen des yeux dans les cliniques, dans les écoles et dans les conseils de revision.

(1) Bericht Ophtalmol. Congress, à Heidelberg, 1882.

Résumé des résultats.

1) Nous avons trouvé sur 226 élèv. 33 myopes = 14.6 0/0.
158 emmétr. = 69.9 0/0.
31 hypermétr. = 13.7 0/0.
4 antimétr. = 1.7 0/0.

2) 6 élèves sur 226 (2.6 0/0) présentent un astigmatisme irrégulier de la cornée, causé par une kératite.

3) Il y a 10 élèves sur 226 qui ne présentent aucune trace mesurable d'astigmatisme cornéen (1). = 4.4 0/0.
Ces yeux se distinguent par leur symétrie et leur uniformité ; 9 de ces élèves présentent $V > 1\ 1/2$; le dixième n'a que l'acuité normale, mais, n'ayant que sept ans, il ne connaissait peut-être pas parfaitement les lettres.

Sur 158 emmétropes, il n'y a que 8 élèves (5 0/0) sans astigmatisme cornéen mesurable. = 5 0/0.

Sur 31 hypermétropes, un seul n'a pas d'astigmatisme cornéen. Il n'y a pas un élève myope des deux yeux qui n'ait pas d'astigmatisme.

Sur tous les yeux (452), nous avons trouvé 42 yeux sans astigmatisme cornéen mesurable, soit : = 9.2 0/0.

Ces yeux sont répartis comme suit :

sur 319 yeux emmétropes	34	=	10.6 0/0.
— 63 — hypermétropes	4	=	6.3 0/0.
— 70 — myopes	4	=	5.7 0/0.

4) La direction du méridien de minimum de courbure est
dans le sens horizontal sur 349 yeux = 77.2 0/0.
vertical — 6 — = 1.3 0/0.
oblique — 55 — = 12.1 0/0.

Dans chaque groupe de réfraction, la plupart des yeux ont le méridien de minimum de courbure dans le sens horizontal ; ce méridien n'a la direction verticale que sur 6 yeux dont 5 sont myopes. La direction oblique des méridiens principaux de la cornée se trouve relativement plus souvent chez les hypermétropes manifestes.

(1) C'est-à-dire un astigmatisme certainement inférieur à un quart de dioptrie.

5) Sur tous les élèves (226), nous avons trouvé 69 élèves qui ont un *astigmatisme cornéen d'au moins une dioptrie sur un œil* (30.5 0/0), et 4 élèves avec *un astigmatisme cornéen supérieur à* 1.50 D. (1.7 0/0).

6) Dans les trois groupes de réfraction, on trouve plus d'yeux avec le même degré d'astigmatisme cornéen sur les deux yeux qu'avec un degré différent. Dans le groupe des hypermétropes, on trouve relativement le plus grand nombre d'yeux avec un degré différent aux deux yeux. Le degré le plus haut d'astigmatisme cornéen se trouve chez un hypermétrope. La moyenne d'astigmatisme cornéen paraît être plus grande chez les hypermétropes.

7) Sur 158 emmétropes et hypermétropes latents avec astigmatisme cornéen mesurable, 141 ont une acuité visuelle supérieure à 6/6 (89 0/0).

8) Dans le groupe des emmétropes, le nombre d'yeux avec la même force de réfraction sur les deux yeux dans le méridien de minimum de courbure égale le nombre d'yeux avec une force différente. Dans le groupe des hypermétropes et celui des myopes, il y a relativement plus d'yeux avec une force de réfraction différente dans le méridien de minimum de courbure des deux cornées. La moyenne de différence est la plus grande chez les myopes.

9) La moyenne de force de réfraction de la cornée dans le méridien de minimum de courbure est pour l'ensemble des yeux 42.8 D, $\rho = 7.873^{mm}$ pour les hypermétropes. 42.5 D, $\rho = 7.937^{mm}$ pour les myopes 43.6 D, $\rho = 7.739^{mm}$.

Conclusions.

1) Conformément à ce qui est dit par Donders, Mauthner, etc., dans les yeux exempts d'astigmatisme le rayon de courbure est le même pour les deux yeux; la différence n'est généralement pas mesurable.

2) Chez les enfants exempts d'astigmatisme, en règle générale, l'acuité visuelle est supérieure à une fois et demie la normale.

3) Chez les emmétropes, 9 sur 10 présentent un astigmatisme mesurable. La proportion des astigmates est plus forte encore chez les hypermétropes et surtout chez les myopes.

4) Sur l'ensemble des enfants (226), 69 élèves ont un astigmatisme d'au moins une dioptrie à un œil, c'est-à-dire, suivant nous, assez fort pour avoir mérité d'être signalé aux parents, qui devront recourir aux soins d'un spécialiste, pour peu que des symptômes de myopie ou d'asthénopie viennent à se manifester.

5) Sur l'ensemble des enfants (226), 4 élèves ont un astigmatisme supérieur à 1.50 D et demandent à être pourvus de lunettes sans aucun retard.

6) L'acuité normale est compatible avec un astigmatisme cornéen d'au moins une dioptrie et demie, chez les écoliers.

7) Nos observations faites sur les yeux des élèves à l'École alsacienne, nous conduisent à admettre comme une règle générale le rôle du cristallin dans la correction de l'astigmatisme chez les jeunes gens.

8) Nos observations paraissent confirmer ce fait, annoncé depuis longtemps par M. Javal, que l'astigmatisme prédispose à la myopie : en effet, nous n'avons pas rencontré un seul myope parmi les 9 élèves absolument exempts d'astigmatisme cornéen, tandis que, parmi nos 33 myopes, pas un seul n'avait d'yeux sans astigmatisme et les deux tiers avaient au moins une demi-dioptrie de ce défaut aux deux yeux.

X

QUATRIÈME CONTRIBUTION

A

L'OPHTALMOMÉTRIE

Par JAVAL

(*Annales d'oculistique*, 1883, t. XC, p. 105.)

---

1. MESURE DE L'ASTIGMATISME CORNÉEN. — 2. MESURE DE L'ASTIGMATISME. — 3. PRESCRIPTION DES VERRES. — 4. DES VERRES DANS L'ASTIGMATISME IRRÉGULIER. — 5. DES CAUSES QUI INFLUENT SUR LE RAYON DE COURBURE DE LA CORNÉE. — 6. DE L'ASTIGMATISME DANS L'ANISOMÉTROPIE.

Au moment de corriger les épreuves de ce qui va suivre, je viens de relire le remarquable article, paru dans la précédente livraison de ces *Annales*, dans lequel le Dr G. Martin (de Bordeaux) attribue à l'astigmatisme un grand nombre de cas de kératite scrofuleuse. Les affections de la cornée sont beaucoup trop rares dans ma petite clientèle pour que mon témoignage soit de quelque poids, ajouté à celui de M. Martin, dont le mémoire est parfaitement démonstratif. — Il me semble d'ailleurs que ce n'est ni à M. Schiötz ni à moi qu'il convient de

formuler des assertions analogues à celle qui termine le travail de notre confrère de Bordeaux (1).

Le travail de M. Martin ouvre, je l'espère, la série des publications sur l'ophtalmométrie pratique, faites en dehors du laboratoire de la Sorbonne. Si je ne me trompe, d'après ce que j'ai pu voir sur quelques centaines de malades, à la *kératite astigmatique* de M. Martin viendront s'ajouter la conjonctivite et la blépharite astigmatiques, qui guérissent temporairement par les collyres ou les pommades, assistés du repos de l'organe, et qu'on guérit définitivement, sans repos des yeux et sans médicaments, par l'emploi de verres appropriés. L'ophtalmomètre m'a fourni également des résultats intéressants pour les opérés de cataracte et les états glaucomateux : ces sujets seront traités avec plus de compétence par des cliniciens : je crois mieux faire en me cantonnant dans la partie optique du sujet.

J'ai vu avec plaisir MM. de Wecker et Masselon, après avoir laissé fonctionner notre ophtalmomètre pendant quelques semaines dans leur clinique, par les soins de M. Nordenson, faire la tentative de construire un instrument plus portatif et moins cher. Ils sont restés dans la formule du professeur Reuleaux (de Berlin) : *billig und schlecht*. Jusqu'ici, je n'ai pas réussi mieux que ces messieurs : l'ophtalmomètre de poche est encore à inventer.

1. Mesure de l'astigmatisme cornéen.

Il faut d'abord s'expliquer sur la précision de la mesure de l'astigmatisme. — Quand on opère bien, l'erreur commise dans la mesure de l'astigmatisme cornéen ne dépasse pas un quart de dioptrie. Puisque nous inscrivons par quarts, il est clair que, pour un astigmatisme compris entre 0,75 et 1, par exemple, il arrive d'inscrire un jour 0,75 et un autre jour 1, et

(1) La Rédaction des *Annales* appelle toute l'attention de ses lecteurs sur ce travail original, qui mérite de ne pas passer inaperçu.

Voici le passage auquel M. Javal fait allusion : « XVI. L'ophtalmométrie, » rendue pratique par l'instrument de Javal et Schiötz, donne la possibilité » d'explorer tout un monde presque inconnu et ouvre sans doute une ère » nouvelle à l'ophtalmologie. » (*Note de la Rédaction.*)

que cela ne constitue pas une erreur de 0,25. Si l'astigmatisme d'un œil est exactement 1, par exemple, je suis sûr de ne pas inscrire 0,75 ni 1,25 : tel est le degré de précision de notre instrument.

Rien n'eût été plus facile que d'ajouter à cette précision : il eût suffi d'augmenter le grossissement par un déplacement des objectifs. Si nous avons préféré n'en rien faire, c'est qu'il est parfaitement superflu de pousser l'exactitude plus loin, et qu'un grossissement plus fort eût entraîné une perte de lumière, et rendu l'instrument inutilisable par les temps sombres.

Même avec le grossissement actuel, pour garantir le quart de dioptrie, si le temps n'est pas très clair, il faut employer notre appareil d'éclairage, en ayant bien soin de disposer les réflecteurs de manière à faire converger la lumière vers la position la plus basse que puissent occuper les mires en tôle émaillée.

Pour opérer avec précision, il faut encore que l'observateur protège ses yeux contre la lumière incidente, qui est d'autant plus gênante qu'il est nécessaire d'asseoir le malade tout contre une fenêtre dirigée vers un espace bien libre : l'observateur reçoit en pleine figure tant de lumière que l'œil dont il ne fait pas usage en est ébloui à travers la paupière. Il faut abriter ses deux yeux avec une main ou un écran. Il faut aussi éviter d'être vêtu d'étoffes claires et opérer dans une chambre à tentures sombres, car tout se peint sur la cornée, et les mires seules sont utiles à voir nettement.

Les commençants arrivent bien, dès la première séance, à évaluer le nombre de marches et de fractions de marches : où ils se trompent, c'est au moment d'établir le premier contact. Quelques-uns mettent l'instrument au point en accommodant, et presque tous sont gênés par les irisations que donne le prisme.

Dès la première séance, on doit s'affranchir de la première de ces causes d'erreur : il faut travailler sans accommoder, précisément comme pour l'ophtalmoscopie à l'image droite. — Quant aux irisations, on s'habitue bien vite à ne plus en être incommodé. On peut d'ailleurs les faire disparaître en ajoutant devant l'oculaire un verre jaune ; mais cet artifice entraîne une petite perte

de lumière(1). Nous établissons le premier contact de manière à faire disparaître le petit liséré bleu qui sépare la première marche et la mire rectangulaire.

Pendant les premières séances, on peut éprouver quelque hésitation à trouver la situation exacte des méridiens. — Si l'on a soin de chercher cette position successivement pour les deux méridiens et de vérifier si les chiffres obtenus diffèrent exactement de 90, on arrive bien vite à trouver les méridiens avec une précision supérieure à celle obtenue par l'examen subjectif. En comparant les résultats de mensurations ophtalmométriques et optométriques chez un certain nombre de personnes qui répondent sans hésitation lors de l'examen subjectif, on peut s'assurer de la parfaite coïncidence des méridiens de l'astigmatisme total et de l'astigmatisme cornéen. Quand l'astigmatisme dépasse 2 dioptries, je pense qu'on peut être certain de ne pas se tromper de 5 degrés. J'ai pris l'habitude, quand l'astigmatisme est faible, d'inscrire seulement les angles 0, 15, 30, etc., avouant ainsi une erreur possible de 10 degrés, très acceptable pour des verres inférieurs à 1 dioptrie, tandis que la même erreur d'angle serait intolérable pour des verres forts. — On peut parfaitement se contenter d'inscrire alors les angles 0, 5, 10, 15, etc.; une précision plus grande est inutile : elle dépasse celle de l'ouvrier chargé de monter les verres.

2. Mesure de l'astigmatisme.

Les mensurations que j'ai faites depuis deux ans me confirment dans cette opinion que l'astigmatisme total coïncide, en position, avec l'astigmatisme cornéen, et présente une valeur plutôt plus forte, la différence étant généralement négligeable. — Pour tous mes consultants, j'ai opéré invariablement comme suit :

(1) Si l'on voulait faire de la haute précision, j'ai déjà dit qu'il serait facile de remplacer nos mires par deux échelles faisant vernier. On pourrait aussi les remplacer par de petites lampes électriques à incandescence, que nous avons fait construire à cet effet par M. Trouvé et qu'une pile suffit à actionner : ce procédé permettrait de mesurer les images produites par le cristallin. — Rien n'empêche également, avec ces lampes, d'enlever le premier objectif, de mettre le prisme faible, et d'opérer à une distance triple de celle que nous avons choisie.

D 60
E
D 36
T B
D 24
D L N
D 18
P T E R
D 12
F Z B D E
D 9
O E L Z T G
D 6
A F O R I D Z
A
A
Optomètre du Dr Javal
ROULOT à PARIS
CHEVALLIER
DIETRICH

Fig. 35.

Après avoir mesuré l'astigmatisme cornéen, je dispose dans mon optomètre (1) (fig. 35, p. 119), le verre cylindrique correcteur, de la force et dans la position indiqués par l'examen ophtalmométrique; à cet effet, j'amène l'aiguille de l'optomètre sur le chiffre indiqué par celle de l'ophtalmomètre, et je fais tourner la roue antérieure de l'optomètre jusqu'à l'arrivée du cylindre voulu. Cela fait, le malade regardant à travers le verre cylindrique, je fais tourner la seconde roue de l'optomètre jusqu'à complète correction de la réfraction sphérique. Le troisième temps consiste à vérifier la position de l'astigmatisme subjectif, en faisant tourner le verre cylindrique de 15 degrés de part et d'autre de sa position primitive (2). Presque toujours, la position primitive est préférée. Enfin, quatrième temps, je fais comparer le verre cylindrique avec les verres qui le précèdent et le suivent immédiatement sur le disque antérieur de l'instrument.

Notez bien qu'en pratique il est inutile de se donner toute cette peine, précisément parce que je puis consigner ici les résultats de plusieurs centaines de mensurations soignées. — Voici ces résultats.

En règle générale : 1° chez les vieillards; 2° chez les myopes

(1) Pour la théorie de mon optomètre, voir *Annales d'oculistique*, 1865, t. LIII, p. 50; t. LV, p. 5, et 1867, t. LVII, p. 39.

Le nouveau modèle que j'ai fait construire par Roulot diffère à plusieurs égards d'avec l'ancien. — J'ai renoncé depuis longtemps à la combinaison de verres deux à deux. Le disque unique, outre l'avantage de supprimer des échelons parmi les verres forts, se recommande par la facilité de manœuvre, mais il a le défaut, pour l'optomètre, d'exiger un mécanisme coûteux, grâce auquel tous les cylindres portés par le disque antérieur tournent simultanément d'un angle marqué par l'aiguille.

Une seconde modification consiste à renoncer à la détermination binoculaire : l'optomètre ne servant plus *jamais* à mesurer l'astigmatisme, mais seulement à *vérifier* s'il s'écarte un peu du chiffre donné par l'ophtalmomètre, il est permis de faire cette simplification. — Les chiffres romains servent à placer les cylindres dans l'orientation indiquée par le diamètre du cadran horaire vu le plus nettement au punctum remotum. — Dans le modèle de 500 francs, le cadran horaire est supprimé, car il n'est réellement plus guère utile.

Un troisième perfectionnement consiste dans l'addition d'une échelle typographique transparente en progression géométrique, et que le malade voit dans une glace qu'il faut accrocher en face de l'instrument.

(2) Je le fais également tourner brusquement de 90 degrés : si le malade accuse une amélioration, il y spasme astigmatique de l'accommodation (voir plus loin).

qui ont l'habitude de ne jamais accommoder parce qu'ils lisent sans verres, ou avec des verres faibles; 3° quand il s'agit d'un œil strabique, convergent ou divergent, aucun verre cylindrique ne corrige mieux que celui indiqué par l'ophtalmomètre (1). Dans une policlinique, pour tous ces yeux, il est permis de s'en tenir à la mesure ophtalmométrique.

En règle générale aussi, chez les adultes et surtout chez les jeunes gens, je trouve un astigmatisme manifeste (et *non pas* total, comme le croyait M. Donders) inférieur à l'astigmatisme cornéen : c'est un fait que M. Nordenson a fréquemment vérifié dans ses recherches faites à l'École alsacienne et publiées dans ce même volume des *Annales* (2). Toutes les fois que ces

(1) Cette règle n'est pas sans exception. C'est ainsi que, dans certains cas d'astigmatisme fort, il y a un astigmatisme statique du cristallin de même sens que celui de la cornée. J'ai vu un cas avec 2 dioptries d'astigmatisme cristallinien; je cite le fait pour rester dans la stricte vérité; il n'en reste pas moins acquis que l'astigmatisme du cristallin est généralement négligeable et dépasse bien rarement une demi-dioptrie.

(2) Il ne m'a pas fallu beaucoup de réflexion pour attribuer cette circonstance à une accommodation astigmatique du cristallin. Je me souviens bien de l'époque où mon astigmatisme était latent, et j'ai présenté à l'esprit la publication que j'ai faite (5 juillet 1873, *Société de Biologie*, voyez plus haut, p. 41) d'une augmentation survenue dans mon astigmatisme. De plus, je me souviens fort bien d'avoir, à l'âge de dix-sept ans, passé bien des soirées à observer les constellations; les étoiles les plus brillantes ne commençaient à se dédoubler qu'à la fin de la séance, quand mon accommodation se fatiguait. Je me souviens également qu'à l'âge de vingt-cinq ans, commençant à étudier l'astigmatisme sur moi-même, je savais faire varier la longueur des lignes focales peintes sur ma rétine par des lumières lointaines; sans le savoir, je faisais varier mon astigmatisme cristallinien. Mon astigmatisme total, tout au plus égal à 2 dioptries quand je relâchais, à vingt-cinq ans, toute mon accommodation au moyen de mon optomètre binoculaire, est actuellement, à quarante-quatre ans, d'au moins 2 dioptries 1/4; mon astigmatisme cornéen étant de 2 dioptries environ, on voit que la mensuration objective, si on avait su la faire, m'aurait fait prendre il y a vingt ans des verres plutôt trop forts, qui seraient devenus actuellement plutôt trop faibles : mais il s'agit là d'erreurs tout à fait négligeables. — Je n'ai cité mes yeux que parce qu'il n'existe pas, à ma connaissance, d'observation d'astigmatisme prolongée pendant autant d'années avec des mesures aussi exactes, mais je pourrais citer plusieurs de mes malades dont j'ai mesuré l'astigmatisme pendant quinze ans et que j'ai ophtalmométrés : c'est toujours la même histoire : l'astigmatisme manifeste, inférieur à l'astigmatisme cornéen chez les jeunes hypermétropes ou emmétropes, rejoint l'astigmatisme cornéen vers quarante ou cinquante ans et peut finir par le dépasser légèrement.

[P. S. Actuellement, à l'âge de cinquante et un an, l'astigmatisme total de mon œil gauche mesure entre 2.5 et 2.75].

malades s'y sont prêtés, j'ai instillé tantôt de l'atropine, tantôt de l'homatropine et, presque sans exception, j'ai pu rendre manifeste un astigmatisme au moins égal à celui de la cornée. — Je ne saurais préciser encore combien il faut employer d'homatropine, mais, pour l'atropine, il ne suffit pas toujours d'instiller plusieurs gouttes d'une solution au 100e, au risque d'amener un commencement d'intoxication : il faut parfois une vraie cure d'atropine prolongée pendant plusieurs jours.

Bien entendu, cette cure est faite au détriment du malade, car il est contraire à son intérêt de rendre manifeste la totalité de son astigmatisme; aussi n'ai-je pas dû répéter l'expérience plus souvent qu'il n'était utile pour prouver la réalité de l'accommodation astigmatique du cristallin ; encore fallait-il des sujets de bonne volonté.

Ces expériences expliquent à merveille pourquoi certains malades sont arrivés à n'employer les verres cylindriques que pour lire et n'en veulent pas pour voir à distance; supposons un jeune homme avec une dioptrie d'astigmatisme, plus une dioptrie d'hypermétropie; rien ne l'empêche d'avoir une acuité un et demi en accommodant d'une dioptrie dans un méridien et deux dans l'autre; mais pour lire, l'asthénopie le gagne, parce qu'il peut encore accommoder de 5 dioptries dans un méridien, mais est incapable de maintenir un effort de 6 dioptries dans l'autre.

On comprend également que certains malades intelligents soient conduits à prendre des verres cylindriques plus forts pour lire que pour voir au loin : l'explication est la même.

Si l'on veut mesurer subjectivement l'astigmatisme manifeste, on peut se servir de la lentille de Stokes, telle que je l'ai modifiée, et qui se vend sous le nom de lentille de Snellen chez Crétès, ou sous mon nom chez Roulot. On place la lentille au degré d'astigmatisme trouvé avec l'ophtalmomètre et sous l'angle voulu, on y associe un verre sphérique convexe ou concave, mais toujours tel qu'il faille environ une dioptrie d'accommodation sphérique au malade, et en faisant varier un peu la position et la force de la lentille, on a le contrôle subjectif de mensuration ophtalmométrique. — Mais la lentille de Stokes est toujours un mauvais instrument. Il vaut mieux mettre dans une monture d'essai les verres correcteurs cylin-

drique (trouvé à l'ophtalmomètre) et sphérique, puis en essayant un verre cylindrique supplémentaire d'une demi-dioptrie dans deux positions successives à 90 degrés l'une de l'autre, on est aussitôt fixé. — Bien entendu, l'emploi de l'optomètre est plus commode.

3. Prescription des verres.

En procédant comme il vient d'être dit, on s'est procuré, au moyen de l'ophtalmomètre, une forte présomption de la valeur de l'astigmatisme total; le plus souvent, on pourra se contenter d'ajouter, par essai direct, les verres sphériques appropriés, en recommandant au malade de revenir s'il n'est pas parfaitement satisfait, et en le prévenant qu'il lui faudra peut-être plusieurs semaines pour s'habituer aux verres.

En ce qui me concerne, je procède différemment, et en voici la raison : de même qu'on aurait tort de prescrire à un jeune homme et surtout à une jeune fille de porter en permanence les verres correcteurs de l'hypermétropie totale, de même, chez un jeune astigmate, s'il n'y a pas de myopie, on aurait tort de corriger en permanence l'astigmatisme total. A quoi servirait alors cet ingénieux mécanisme de l'accommodation astigmatique, grâce auquel les sujets jeunes et modérément astigmates voient nettement sans verres? Pourquoi affubler de lunettes permanentes des gens qui n'en éprouvent pas le besoin? On est venu nous demander des lunettes pour le travail : prescrivons-les, en tâchant de rendre inutiles, pour quelque temps encore, les lunettes pour voir au loin.

Reprenons notre comparaison : à un tout jeune hypermétrope, qui commence à sentir un peu d'asthénopie, on doit se contenter, je pense, de prescrire 1 dioptrie convexe pour le travail, quand même on saurait qu'il a une hypermétropie totale de 2 ou 3 dioptries, et on le laisse juge du moment où il voudra porter des verres plus forts et les garder en permanence. De même, à un jeune astigmate exempt de myopie, il faut prescrire des cylindres convexes qui ne dépassent guère le chiffre de son astigmatisme manifeste : à lui de revenir quand ces verres ne suffiront plus; nous lui laissons ainsi l'habitude d'une certaine accommodation astigmatique pendant le travail, et, par

suite, la faculté de lire au besoin sans verres pendant quelques instants et celle, plus précieuse encore, de voir nettement au loin sans lunettes (1).

Ce serait ici le lieu de définir exactement le spasme astigmatique de l'accommodation, et, en général, le spasme de l'accommodation.

Pour m'écarter le moins possible du langage généralement employé, je dis qu'il y a *spasme*, quand il se produit une *accom-*

(1) Cette manière de procéder cadre avec l'habitude que j'ai prise, depuis bien des années, d'être très sobre dans l'emploi des verres. J'ai appris, aux dépens des malades, combien il est inopportun et quelquefois même dangereux de prescrire l'emploi permanent de verres correcteurs de l'amétropie.

1° *Pour les presbytes*, je me borne habituellement à ajouter 1 dioptrie aux verres dont ils font usage et qui leur paraissent insuffisants, et cela quand même il serait certain qu'une augmentation plus forte serait nécessaire pour les amener à une distance commode. Il faut en effet tenir compte des habitudes des gens : le presbyte dont les verres sont beaucoup trop faibles y trouve la compensation de voir au besoin des objets situés au bout de sa table : en augmentant de plus de 1 dioptrie à la fois, au nom de je ne sais quels principes, on le mécontente à bon droit : ajoutez 1 dioptrie seulement et prévenez qu'il faudra prochainement en ajouter une autre; cette pratique contente le malade et écarte toute hésitation dans le choix des verres.

2° *Pour les hypermétropes*, je prescris également le minimum de verres suffisant pour satisfaire pleinement le malade. C'est une faute lourde de prescrire aux enfants hypermétropes des verres absolument correcteurs : gardons la chance, qui n'est pas si rare, de voir leur hypermétropie diminuer par la tension permanente de leur accommodation. Nous n'avons pas à corriger leur hypermétropie totale, ni même à en chercher la valeur.

3° *Pour les myopes*, la question devient beaucoup plus complexe, car le degré de la myopie n'est qu'un des éléments du problème. — Il faut tenir compte de l'état de la rétine, de l'âge, du sexe, de la profession, des habitudes et du caractère de la personne.

Je partage volontiers la myopie en trois classes : faible de 0 à 4 dioptries, moyenne de 4 à 9 et forte au delà de 9.

La myopie faible présente cette particularité que la lecture peut avoir lieu sans verres à une distance suffisante; dans la myopie faible, interdiction absolue des verres concaves pour le travail. De plus, s'il s'agit d'un très jeune écolier et que la myopie soit inférieure à 4 dioptries, emploi permanent, pour le travail, de lunettes convexes ramenant le *punctum remotum* à 25 centimètres et injonction de ne jamais s'approcher plus près que 25 centimètres; en un mot, suppression de toute accommodation. — Les jeunes myopes acceptent avec grand plaisir ces verres avec lesquels il leur est *plus facile* de s'éloigner du livre que sans verres : ils regardent par-dessus les lunettes pour voir au tableau et leur myopie cesse de progresser. Après un ou deux ans, je diminue la force des verres

modation nuisible. On ne parle pas de spasme quand il existe de l'hypermétropie latente, tandis qu'on fait usage de cette expression quand un myope ne sait pas relâcher toute son accommodation et qu'on obtient une diminution de myopie par l'emploi des mydriatiques. De même quand un astigmate présente, pour la vision au loin, un astigmatisme *inverse* de celui de la cornée, et qu'après atropinisation prolongée l'astigmatisme total se rapproche de l'astigmatisme cornéen, je dis qu'il y avait spasme astigmatique de l'accommodation.

Il ne faut pas se le dissimuler, ce langage est incorrect. Autant vaudrait dire qu'il y a spasme de la main chez les artisans dont les doigts restent dans une semi-flexion pendant le repos : il serait mieux de garder le mot *spasme* pour les excès d'accommodation douloureux, mais je ne prétends pas réformer la langue.

Quoi qu'il en soit, après m'être convaincu de la fréquence de

convexes de manière à reculer le remotum à 33 centimètres, en recommandant l'observance de la distance de 33 centimètres pendant le travail.

Dans la myopie faible, j'autorise toujours une face-à-main pour voir au loin; le pince-nez n'est acceptable qu'à l'âge où la progression du mal est moins imminente et où le patient est assez raisonnable pour quitter les verres dès qu'il regarde de près. Le malade doit s'habituer à tenir la face dans la main gauche ; il l'emploie pour regarder au tableau et rabat la main sur le papier dès qu'il écrit.

La myopie moyenne, suivant moi, reconnaît généralement pour cause l'emploi permanent des verres concaves par des enfants affectés de myopie faible. C'est en voyant des clients d'un honorable collaborateur des *Annales* que j'ai acquis cette conviction. Notre ami prescrit aux enfants l'emploi permanent de verres qui leur laissent un peu de myopie. Bientôt les yeux s'allongent, victimes de la théorie, jusqu'à ce que la lecture à travers les verres se fasse sans accommodation. A ce moment, le mal resterait stationnaire si on ne retournait pas chez le confrère ; il ne manque pas d'ajouter 2 ou 3 dioptries aux lunettes ; la myopie de l'enfant a bientôt fait d'augmenter d'autant.

Dans les cas de myopie moyenne chez les jeunes écoliers, je corrige par des lunettes de manière à laisser 3 ou 4 dioptries de myopie et j'autorise l'emploi d'une face-à-main de 3 ou 4 dioptries, tenue dans la main gauche, à superposer aux lunettes pour voir au tableau. Cette combinaison, que j'emploie depuis bien des années, donne pleine garantie que les verres totalement correcteurs ne sont employés que pour voir au loin. Quand les enfants sont assez raisonnables pour observer la distance de 25, ou 33 centimètres en lisant, la myopie cesse de progresser.

En procédant comme je le fais, la myopie progressive devient une rareté, et quand je constate une aggravation, il est de règle à peu

l'accommodation astigmatique du cristallin et de la suppression de cette accommodation par les mydriatiques, il m'est arrivé d'avoir des malades asthénopes qui ne consentaient pas à se laisser instiller de l'atropine et chez qui l'astigmatisme total était bien inférieur à l'astigmatisme de la cornée. Devenu plus hardi, j'ai prescrit alors des verres cylindriques de force intermédiaire entre les astigmatismes subjectif et cornéen; l'usage permanent de ces verres n'a pas tardé à faire augmenter l'astigmatisme subjectif et à calmer l'asthénopie; en somme, je procède absolument comme pour les hypermétropes, auxquels il faut souvent prescrire des verres d'un chiffre supérieur à celui de leur hypermétropie manifeste.

D'ailleurs, chez ces malades, on remarque, dans la mesure subjective de l'astigmatisme, des faits complètements analogues à ceux observés dans la mesure de l'hypermétropie; les réponses sont très variables. En pratique, personne n'hésite à inscrire,

près absolue que les enfants ne se sont pas conformés à mes prescriptions.

Dans la myopie forte, il n'est plus possible de poser des règles aussi précises, car souvent la diminution de l'acuité visuelle nous met dans l'impossibilité d'obtenir la lecture à 25 centimètres. Au surplus, je partage absolument l'opinion du Dr Tscherning, de Copenhague; je pense qu'un bon nombre de grosses myopies ne sont pas du tout des résultats de myopies scolaires progressives. Tout comme il y a des buphtalmos, il y a des yeux trop longs et malades, qui seraient dans le même état si leurs propriétaires n'en avaient jamais fait usage.

Quand la lecture à 25 centimètres ne peut plus être obtenue au moyen de verres appropriés, je prescris des lunettes permanentes laissant, par exemple, 6 dioptries de myopie, et j'y joins un pince-nez de 3 dioptries avec faculté de le superposer aux lunettes pour aller en société, faire de la musique, etc., et de le doubler pour le mettre un instant devant un œil pour voir au loin.

A l'ophtalmoscope, on constate souvent chez ces malades une différence de plusieurs dioptries entre la réfraction centrale et celle de la périphérie; c'est sans doute pour ce motif que les verres très imparfaitement correcteurs, qui n'améliorent guère l'acuité centrale, sont portés bien plus volontiers que les verres correcteurs.

Il va sans dire que, dans tous les cas, l'astigmatisme et l'anisométropie sont corrigées par les lunettes portées en permanence, tandis que les verres supplémentaires sont égaux et sphériques.

Il est évident que, pour certains cas particuliers (équitation, escrime, violon, etc.), on prescrira des verres laissant seulement de 1 à 3 dioptries de myopie suivant les cas; chez les adultes, même avec la myopie moyenne, on peut quelquefois laisser porter en permanence les verres totalement correcteurs.

pour l'hypermétropie, le plus fort des verres entre lesquels le patient a hésité. Pour l'astigmatisme, *il faut faire de même*, tandis que, le plus souvent, nous avions la tentation de faire le contraire, par crainte, bien naturelle, de surcorriger le défaut. Si l'on doute de ce que je viens de dire, qu'on recoure à l'atropine toutes les fois qu'un malade hésitera dans le choix des verres cylindriques, et l'on vérifiera qu'en prescrivant *le plus fort* des verres entre lesquels il y aura eu hésitation, on sera parfois encore au-dessous de la vérité, mais jamais au delà.

4. Des verres dans l'astigmatisme irrégulier.

Tout ce qui précède ne s'applique qu'à l'astigmatisme régulier. Un coup d'œil sur les figures de ma *troisième contribution à l'ophtalmométrie* suffit pour prouver qu'il n'y a pas à compter sur l'atropine pour nous révéler les relations entre l'astigmatisme cornéen et l'astigmatisme total; si l'on en doute, qu'on relise, par exemple, l'observation du Dr H., s'appliquant à la cinquième figure de ma troisième contribution (fig. 27, p. 72 ci-dessus).

Dans cette même contribution, j'ai signalé, à l'occasion des yeux de M. Bu., un défaut auquel j'ai donné le nom d'*astigmatisme excentrique*. Je décrirai aujourd'hui un cas plus pur de la même affection (fig. 36, p. 128). Il s'agit de l'œil droit de Mme H.-D., au sujet duquel j'ai fait cette année une communication à la Société de Biologie, et que M. le Dr Imbert a bien voulu citer dans sa belle thèse d'agrégation (sur l'astigmatisme, J.-B. Baillière, 1883). La pupille de cet œil étant décentrée, comme on le voit sur la figure C, j'ai pu la centrer en faisant porter le regard en bas et à gauche d'une quantité de 5 degrés dans un plan faisant un angle de 15 degrés avec la verticale. On a pu dessiner alors la figure B. Comme point de comparaison, j'ai pris la figure H en faisant lever le regard de 5 degrés dans le même plan. Les confrères qui ont fait de l'ophtalmométrie seront surpris de l'énorme dissemblance entre les figures H et B obtenues dans deux positions qui ne diffèrent que de 10 degrés.

J'ai fait reproduire sur la figure C des diamètres tracés sur le disque; leur courbure sur le dessin fait très bien pressentir la

forme de cornée. L'aspect de tout ceci explique aussi pourquoi, dans un cas de ce genre, l'une des mires paraît plus petite que l'autre, pourquoi elles sont déformées toutes deux, et aussi comment Mme H.-D., dont l'astigmatisme cornéen est de 6 dioptries pour le prisme ordinaire et de 10 pour le prisme faible, n'est satisfaite qu'avec un verre cylindrique bien moins fort.

Fig. 36.

On conçoit qu'un œil de ce genre puisse donner, dans la position B, des cercles parfaits et qu'alors il ne veuille aucun verre cylindrique, tout en donnant des figures analogues à C et à H pour d'autres positions du regard. Ce serait le cas d'un ellipsoïde de révolution décentré, tandis que Mme H.-D. me paraît posséder un ellipsoïde à axes inégaux et décentré (1).

5. DES CAUSES QUI INFLUENT SUR LE RAYON DE COURBURE DE LA CORNÉE.

Je ne sais si l'on a remarqué, dans le travail de M. Nordenson, la confirmation de ce fait connu, qu'en moyenne le rayon de courbure est plus petit chez les myopes. Je suis persuadé qu'au lieu d'une différence d'une dioptrie de réfraction entre les myopes et les autres, on trouverait des résultats tout différents si l'on savait classer les myopes; il y a réellement des myopes de courbure, en petit nombre, qui viennent ainsi augmenter la réfraction moyenne des cornées myopes; il faudra que quelqu'un prenne la peine de faire un tri, et il trouvera vraisemblablement un certain nombre de myopes sans staphylome et à cornée très convexe.

Dans ce travail, il faudra prendre des adultes de même taille, car je crois avoir remarqué que les plus petits rayons de cour-

(1) Que mes confrères de San Francisco tâchent de prendre croquis des yeux d'une dame Urruela, qui vient de m'échapper : c'est un cas de ce genre.

bure se trouvent chez les plus petits hommes; ils ont simplement les yeux plus petits.

Je ferai également remarquer que la différence de réfraction des cornées entre les deux sexes est insignifiante, tandis que la différence de taille est grande; cela explique pourquoi une femme habillée en homme paraît avoir des yeux démesurément grands. — Il faudra également faire des recherches sur la relation entre le rayon de la cornée et la grosseur de la tête.

Dans toutes les mensurations de la réfraction cornéenne, on ne saurait apporter trop de soin à mettre l'oculaire juste au point pour le fil en relâchant l'accommodation; faute de prendre cette précaution, on commettrait des erreurs de plusieurs dioptries.

La persistance avec laquelle je parle toujours de dioptries de réfraction cornéenne au lieu de parler de rayons de courbure, n'a pu dérouter que les deux ou trois personnes qui se servent de l'ophtalmomètre de Helmholtz. En pratique, chacun conviendra qu'il est plus intéressant d'avoir constamment sous les yeux les chiffres de réfraction qui ont un rapport direct avec le fonctionnement des yeux qu'on mesure.

Toutefois, par concession, nous avons inscrit *sur le plat* de l'arc des chiffres inclinés : 7, 7 1/4, 7 1/2..., qui servent à lire directement les rayons de courbure de la cornée : la mire de gauche restant toujours fixe au chiffre 26 quand on a obtenu, en regardant dans l'instrument, le contact de la première marche de la mire de droite avec le côté de la mire de gauche, le chiffre incliné sur lequel la mire de droite s'est arrêtée donne le rayon de courbure de la cornée.

6. DE L'ASTIGMATISME DANS L'ANISOMÉTROPIE.

Appelons $r\,c\,G$ la réfraction du méridien le moins réfringent de l'œil gauche et $R\,c\,G$ la réfraction du méridien le plus réfringent du même œil; soient de même $r\,c\,D$ et $R\,c\,D$ la réfraction cornéenne des deux méridiens de l'œil droit, soient $A\,s\,c\,G$ l'astigmatisme cornéen de l'œil gauche et $A\,s\,c\,D$ l'astigmatisme cornéen de l'œil droit, j'ai remarqué qu'en général, quand $A\,s\,c\,G > A\,s\,c\,D$ on a $r\,c\,G < r\,c\,D < R\,c\,D < R\,c\,G$ et de même quand $A\,s\,c\,G < A\,s\,c\,D$ on a $r\,c\,D < r\,c\,G < R\,c\,G < R\,c\,D$.

De plus, en général, la différence entre $r\ c\ D$ et $r\ c\ G$ est moindre qu'entre $R\ c\ D$ et $R\ c\ G$. — Tout se passe donc comme si les yeux, primitivement sphériques, avaient subi une compression plus forte pour l'un que pour l'autre. Cette remarque est toujours présente à mon esprit quand je fais de l'ophtalmométrie, car, dès que les résultats s'écartent de la règle que je viens d'indiquer, il faut vérifier si l'on n'a pas fait une erreur. Le plus souvent, on découvrira qu'il existe alors de l'anisométropie, en plus de celle causée par la différence d'astigmatisme : c'est comme si les deux balles, dont nous allons parler, étaient primitivement inégales.

Pour graver dans la mémoire des élèves le fait nouveau que je viens d'indiquer, qu'on pose sur la table deux petits balles pareilles, de caoutchouc, pour représenter les deux yeux, et, mettant une des balles sous l'index de chacune des mains, qu'on presse légèrement avec la main gauche et plus fortement avec la main droite, la balle de gauche sera devenue faiblement astigmate et celle de droite le sera devenue fortement. Il est évident que, si l'on suppose les balles transparentes, la réfraction du méridien horizontal de la balle droite sera moindre que celle du méridien horizontal de la balle gauche et que la réfraction du méridien vertical de la balle droite sera plus forte que celle du méridien vertical de la balle gauche : c'est ce que nous avons exprimé plus brièvement au moyen de lettres. — Il est clair aussi que les méridiens horizontaux des deux balles différeront beaucoup moins que les méridiens verticaux, lesquels sont bien plus influencés par la pression.

[A. — En relisant ce qui précède, je dois dire que sept ans de pratique ont modifié mes appréciations sur un point important. J'ai eu tort d'abandonner le cadran horaire que j'avais employé pendant vingt ans pour la mesure subjective de l'astigmatisme. En effet, ce cadran, travaillant au *punctum remotissimum* dans l'optomètre, donne souvent pour la mesure de l'As. une valeur un peu plus forte que l'essai direct des verres cylindriques et l'expérience m'encourage de plus en plus à corriger très exactement l'As. subjectif. Le cadran horaire permet aussi de déterminer la position des méridiens plus vite et plus sûrement que le procédé qui consiste à faire tourner les verres devant l'œil du malade.

B. — Depuis ces dernières années, la skiascopie est venue nous fournir un précieux secours pour la mesure de la réfraction et je

crois qu'il sera sage, désormais, de la pratiquer *comme vérification* sur les yeux armés des lunettes fournies par l'opticien.

C. — C'est aussi le lieu de faire remarquer que tout ce que j'ai dit de l'As. statique du cristallin s'applique à l'As. fort. Il y a, je crois, deux parts dans l'As. statique du cristallin, l'une, dont j'ai parlé dans ce qui précède, et qui est proportionnelle à l'As. de la cornée, et dans le même sens, et l'autre qui est à peu près constante et d'environ 90 $\pm$ 0.5 ou 90 $\pm$ 0.75, chiffre trouvé aussi par M. Bull et par M. Chibret. — Il en résulte que, par exemple, quand la cornée est rigoureusement sphérique, on doit s'attendre à trouver un astigmatisme total *inverse* d'environ 0.5. La formule qui donne l'As. total en fonction de l'As. cornéen dans les yeux où les méridiens s'écartent peu de la verticale et de l'horizontale serait donc de la forme

$$\text{As. } t = \text{K} + p \text{ As. } c.$$

et dans cette formule, K serait environ — 0.5 et p environ 1.25.

L'application de cette formule donne respectivement pour :

As. c =	— 1	0	1	2	3	4	5
As. t =	— 1.75	— 05	+ 0.75	+ 2	+ 3.25	+ 4.5	+ 5.75

ce qui expliquerait comment, aux environs de 2 dioptries d'As. cornéen *direct*, l'As. total est égal au cornéen.

Il va sans dire que le signe — désigne ici l'As. inverse.

Il va sans dire aussi que ni la formule ni la valeur des coefficients K et p ne sont définitivement établis. Nous avons eu une première approximation en disant que l'As. total diffère peu de celui de la cornée, — une deuxième approximation en disant qu'il est plus grand dans les cas d'As. fort et direct ainsi que dans les cas d'As. inverse, même faible. — Nous apportons ici une formule dont la constante K devra être ultérieurement modifiée ainsi que le coefficient p, et à laquelle il faudra ajouter un ou plusieurs termes : c'est une troisième approximation, rien de plus.

A cette formule, il faut dès maintenant ajouter un terme fonction de l'âge, pour exprimer l'accommodation astigmatique, terme qui est souvent nul, en particulier pour les vieillards âgés, pour les yeux qui ne servent pas habituellement, pour un certain nombre de myopes et pour toutes les personnes dont l'astigmatisme est trop fort pour qu'elles puissent le corriger en accommodant. Même chez les migraineux, je doute que ce chiffre dépasse jamais une dioptrie.

D. — A mesure qu'on fait des mesures plus soignées, on rencontre plus souvent des cas de décentration analogues à ceux de M. Bu. (fig. 32 et 33, p. 78) et de M^me^ H.-D. (fig. 36, p. 128).

Le grand disque de l'ophtalmomètre, modèle de 1889, permet de reconnaître à l'instant la décentration, car alors les couronnes blanches des deux images du disque passent à des distances différentes des images de l'objectif sur l'œil observé. En même temps, la graduation du disque permet d'exprimer la position à donner au regard pour centrer l'œil. Je prie ceux qui voudront entreprendre cette étude de se servir des lettres m et p pour désigner le *méridien*

et le *parallèle*, dont l'intersection sert de point de fixation au sujet observé quand son œil est centré : on écrira par exemple *p* 7, *m* 350, pour dire que le malade lève le regard dans un plan faisant angle de 10 degrés avec la verticale et que, dans ce plan, son regard s'éloigne de 7 degrés du centre. Il y a une ample moisson de faits curieux et utiles à recueillir dans l'étude de la décentration ainsi que dans la mesure des courbures de la cornée dans les positions obliques du regard ; ces recherches ne peuvent pas se faire commodément avec l'ancien instrument.]

XI

OPHTHALMOMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN

Über Verhältnisse der Hornhautkrümmung
im normalen Zustande und unter pathologischen Bedingungen (1).

LAQUEUR

(Ber. über die 15. Versammlung der Ophthalmologischen Gesellschaft im Jahre 1883, p. 17.)

Ich erlaube mir, Ihnen in Kürze die Resultate von Untersuchungen mitzutheilen, welche ich im Laufe des letztverflossenen Jahres mittelst des Javal-Schiötz'schen Ophthalmometers vorgenommen habe. Die Wichtigkeit einer möglichst genauen Kenntniss der Hornhautkrümmung sowohl in normalen wie in pathologischen Fällen braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden; wenn gleichwohl das Ophthalmometer in der klinischen Diagnostik nicht die hohe Rolle spielt, welche ihm zukommt, so liegt der Grund hiervon wohl in der Schwierigkeit der Anwendung des Helmholtz'schen Ophthalmometers, jenes bewundernswerthen Apparates, welchem die physiologische Optik so viel verdankt, der sich aber in die Klinik nur in beschränktem Maasse Eingang verschafft hat. Der neue Apparat von Javal-Schiötz, ursprünglich nur zur objectiven Messung des Hornhautastigmatismus bestimmt, steht dem Helmholtz'schen hinsichtlich der Präcision der Resultate ohne Frage

(1) [Les personnes qui voudraient consulter les tableaux dont il est question dans cette communication de M. Laqueur, les trouveront dans un mémoire un peu plus étendu du même auteur sur le même sujet paru dans *Gräfe's Archiv.*, 1884, t. XXX, 1, p. 99-134].

erheblich nach; dafür hat er den Vorzug leichterer Handhabung und allgemeinerer Verwendbarkeit und ist darum zum klinischen Gebrauche sehr geeignet. Uebrigens sind die Resultate, welche er liefert, immerhin noch genau genug, um dem praktischen Bedürfnisse zu genügen; denn es ist mit Hülfe desselben möglich, den Hornhautradius auf die erste Decimale völlig sicher zu bestimmen.

Was zunächst die physiologischen Verhältnisse betrifft, so hat sich aus einer grossen Zahl von untersuchten Fällen ergeben, dass die bekannte Thatsache vom Vorhandensein eines Hornhautastigmatismus mit überwiegender stärkerer Krümmung des verticalen Meridian sich bestätigen liess; doch giebt es, wenn auch selten, Augen, deren Hornhaut in der Gesichtslinie keine Spur von As zeigt. Dagegen liess sich in allen Fällen eine, wenn auch bekannte, aber nicht hinreichend gewürdigte Abflachung der Cornea in ihren peripheren Theilen nachweisen. Sie ist sehr erheblich, beträgt bei 20 bis 25° excentrisch, 2 bis 5 Dioptrien der Brechkraft der Hornhaut und ist bezüglich der Richtungen niemals völlig symmetrisch. Im horizontalen Meridian ist sie stets vorhanden, und zwar in Folge der gewöhnlichen Lage des $\sphericalangle \alpha$ nach innen bedeutend stärker als nach aussen; im verticalen Meridian dagegen ist sie entweder nach oben oder nach unten erheblich geringer, ja nach oben wurde sie wiederholt ganz vermisst und in diesen Fällen liess die obere Hornhautperipherie denselben Krümmungsradius erkennen, welcher der Stelle der Gesichtslinie zukam. In anderen Fällen zeigte die untere Hälfte des verticalen Meridians die geringste Abflachung, während die obere Hälfte sich analog verhielt, wie der horizontale Meridian. Es scheint daher die Hornhaut in ihrer Peripherie noch unregelmässigere Krümmungs-Verhältnisse darzubieten, als gemeinhin angenommen wird und sie kann darnach nicht als Theil der Oberfläche irgend eines Rotationkörpers angesehen werden.

Eine andere Eigenthümlichkeit des normalen Auges ist die, dass durch Zug am Oberlid constant ein regelmässiger As hervorgerufen wird. Legt man den Finger in der Nähe des äusseren Augenwinkels auf und übt dann auf das obere Lid einen sanften Zug in der Richtung nach der Schläfe aus, so entsteht eine Abflachung des horizontalen und eine entsprechende Krüm-

mungsvermehrung des verticalen Meridians. Dasselbe tritt ein, wenn ein Zug vom inneren Augenwinkel nach der Nasenseite hin ausgeübt wird. Die Abflachung kann je nach der Stärke der Druckwirkung 2 bis 4 D der Brechkraft der Hornhaut betragen. Diese Thatsache erklärt uns, auf welche Weise manche Astigmatiker ihren As durch Druck mit dem Finger in sehr vollkommenem Grade corrigiren. Mit Nachlass des Zuges hört auch die Deformation der Cornea auf; wenn der Druck aber sehr lange währt, so kann auch ein bleibender As entstehen, wie uns ein Fall gelehrt hat, in welchem ein früher völlig von As freies Auge einen dauernden As von 1 D mit stärkerer Krümmung des verticalen Meridians dadurch acquirirt hat, dass der Patient mehrere Wochen lang ein Pince-nez mit stark drückender Feder getragen hatte, welches lange Zeit eine Druckfurche auf dem Nasenrücken zurückgelassen hatte.

Diese Eigenschaft der Cornea auf Druck und Zug mit einem regelmässigen As zu reagiren, ist jedenfalls bemerkenswerth. Sie ist meiner Meinung nach aus der histologischen Structur der Membran zu erklären, deren Lamellen aus Fasern zusammengesetzt sind, welche sich nahezu rechtwinklig kreuzen. Die Compression der einen Kategorie von Fasern muss daher die Dehnung der anderen zur Folge haben und so kann das Gesammtresultat ein As. im angegebenen Sinne sein.

Was nun die klinisch berücksichtigenswerthen Grade von regulärem As betrifft, so kam es mir darauf an, zu prüfen, wie weit der Javal'sche Apparat zur Diagnose desselben verwerthbar ist. Es hat sich herausgestellt, das er hier unleugbar grosse Dienste leistet, obwohl er die functionelle und ophthalmoskopische Untersuchung nicht entbehrlich macht. Denn einmal kann man mit Hülfe desselben nur den Hornhautastigmatismus bestimmen, welcher sich nur im aphakischen Auge mit dem Totalastigmatismus deckt, sodann giebt er über den Refractionszustand des Auges keinen Aufschluss. Trotzdem ist der Apparat werthvoll, weil er mir grosser Leichtigkeit und Schnelligkeit das Vorhandensein einer erheblichen Hornhautasymmetrie nachweist und die functionelle Untersuchung auf die richtige Bahn lenkt. So wird die immerhin zeitraubende und langweilige Untersuchung eines As wesentlich abgekürzt. Es fragt sich nun, in wie weit der ophthalmometrisch bes-

timmte Hornhaut-As mit dem functionell gefundenen Total-As übereinstimmt.

Es wurden 47 Fälle von verschiedenen Graden des regelmässigen As in dieser Richtung untersucht, welche in einer Tabelle zusammengestellt Worden sind. Aus der Tabelle geht hervor, dass unter 57 Fällen 15 Mal die ophthalmometrische Messung mit der functionellen Prüfung genau übereinstimmte, 15 Mal ihr sehr nahe kam, da die Differenz zwischen beiden nur 0,5 D betrug (nur 2 Mal wurde ein Unterschied von 1,5 D gefunden); in den übrigen Fällen betrug die Differenz 0,75 bis 1,25 D. Unter den 32 Fällen, in denen sich eine Differenz herausstellt, war der Hornhautastigmatismus 17 Mal grösser und 15 Mal kleiner als der functionell bestimmte Totalastigmatismus. Die Uebereintimmung zeigte sich besonders in den hohen Graden vom As sehr bemerkenswerth, bei As von 3 D und darüber darf die Differenz beinahe vernachlässigt werden, da sie hier nich über 0,5 D hinausging.

Wir können aus dem Obigen den Schluss ziehen dass der Linsenastigmatismus eine geringere Rolle spielt als die, welche ihm bisher zugetheilt worden ist. Denn in einem Drittel aller Fälle fehlt er vollständig, Hornhautastigmatismus und Gesammtastigmatismus decken sich; in etwa einem zweiten Drittel der Fälle ist der Linsenastigmatismus gleichsinnig mit dem Hornhautastigmatismus und verstärkt ihn; im letzten Drittel wirkt er im entgegengesetzten Sinne und compensirt ihn ganz oder theilweise, in keinem Falle ist er sehr erheblich. Diese Resultate weichen allerdings von denen von Javal und Nordenson ab, welche in höheren Graden des As dem Linsenastigmatismus einen grösseren Antheil zuerkennen.

Gehen wir nunmehr zu dem pathologischen irregulären Astigmatismus über, wie wir ihn namentlich beim Keratoconus vorfanden. In den 5 Fällen von Keratoconus, welche wir zu untersuchen Gelegenheit hatten, hat sich das überraschende Resultat ergeben, das in allen ein hochgradiger regulärer As vorhanden war, dessen Correction die Sehschärfe erheblich besserte. Die Grade des As betrugen resp. 5, 5,5, 6, 7 und 15 D, die Hauptaxen genau vertical resp. horizontal, der verticale Meridian war 4 Mal, der horizontale 1 Mal der der stärkeren Krümmung. Die Besserung der Sehschärfe durch die geeigne-

ten Cylinder war in drei Fällen im Verhältniss von 1 : 2, in einem sogar von 1 : 4. Ich muss hiernach annehmen, dass wenn nicht in allen, so doch in den meisten Fällen von Keracotonus durch starke Cylinder ein grosser Nutzen geschafft werden kann; wenn diese Thatsache bisher der Beobachtung entgangen ist, so ist das wohl dadurch zu erklären, dass man Cylindergläser von 1 oder 2 D versuchte, und als diese keine Wirkung übten, von weiteren Versuchen Abstand nahm. Man muss eben hier mit den mit stärksten Cylindern, die wir in unseren Brillenkasten finden, mit Cylinder 6 oder durch Combination mehrerer noch stärkeren, die Prüfung beginnen und wird dann überrascht sein, wie sehr S gebessert wird. Bei dem geringen Nutzen, den die bisherigen Operationsmethoden geliefert und der Schwierigkeit, sich die in einzelnen Fälllen nützlichen hyperbolischen Gläser zu verschaffen, dürfte die Thatsache, dass durch starke Cylinder Nutzen gebracht wird, nicht ohne praktisches Interesse sein. Mit dem Ophthalmometer wird der hochgradige As ohne Weiteres fesgestellt. Im Gegensatze hierzu wurde in einem Falle von einseitigem Buphthalmos eine sehr flache Hornhaut ($r = 8{,}5$), aber kein regulärer As vorgefunden.

Wenden wir uns nunmehr zu den Fällen von hochgradiger Ametropie; es wurden im Ganzen die Augen von 5 Individuen mit extremer Hp. (5 bis 9 D) und 14 Individuen mit starker, resp. excessiver M (bis 20 D) untersucht, Eine Tabelle giebt über die Resultate Aufschluss. Die Messungen bestätigen durchaus den von Donders aufgestellten Satz, dass bei extremer Ametropie keine aussergewöhnlichen Werthe des Hornhautradius gefunden werden, wenigstens keine solchen, die nicht auch bei emmetropischen Augen vorkommen könnten. Nach Donders findet sich sogar bei extremer M in der Regel ein grosser Hornhautradius, in unseren 6 Fällen von $M > 13$ D findet sich kein runter 8,1; umgekerht zeigt das Auge mit Hp. 9 D einen relativ kleinen Radius 7,5, während die anderen hypermetropischen Augen sich den Mittelwerthen näherten, Merkwürdig genug ist es, zwei Individuen nach einander zu untersuchen, von denen eins stark myopisch, das andere stark hypermetropisch ist, und die eine Refractionsdifferenz von 30 D zeigen, deren Hornhäute aber dabei die gleiche Form aufweisen.

Die Augen der Neugeborenen sind nach den schönen Untersuchungen von Königstein und Schleich stark hypermetropisch. v. Reuss hat einige Kinder unter 6 Monaten ophthalmometrisch untersucht und grosse Hornhautwölbungen gefunden. Ich konnte 3 Neugeborene im Alter von 3, 4 und 6 Wochen mit leidlicher Genauigkeit ophthalmometrisch untersuchen und fand Hornhautradien von 8, 8,1 und 6,75 also bei zweien einen auch beim Erwachsenen vorkommenden Werth, bei einem einen ganz abnorm kleinen. Die Hp. kann also nur durch die geringe Axenlänge des Auges der Neugeborenen erklärt werden.

Ein besonderes Interesse knüpft sich an die Hornhautform beim Glaukom. Seit Helmholtz die Vermuthung ausgesprochen, dass bei steigendem intraocularem Druck die Hornhaut sich mehr der Kugelform des Bulbus nähern müsse, und seit den experimentellen Arbeiten von Schelske über diesen Gegenstand hat man sich im Allgemeinen der Annahme zugeneigt, dass die Cornea im Glaukom sich abflache. Vereinzelte ophthalmometrische Messungen glaukomatöser Augen von Donders, Mauthner u. A. haben indess keine positiven Ergebnisse geliefert, so dass die Frage noch als eine offene betrachtet werden muss.

Was zunächst die Abflachung der Cornea bei plötzlich stark erhöhtem Binnendruck betrifft, so lässt sich dieselbe experimentell leicht nachweisen. Das frische todte Schweinsauge zeigt im Vergleich zum menschlichen Auge grosse Hornhautradien (8,5 bis 9,5 mm) und in der Regel einen Hornhautastigmatismus von 1 bis 2 D. Injicirt man Wasser in den Glaskörperraum, so dass das Auge sich sehr prall anfühlt, so hat sich die Hornhaut ganz erheblich abgeflacht. Die Differenz beträgt jetzt 1/4 bis 1/2 mm. Radius. Zugleich ist eine durch Messung nachweisliche Vergrösserung aller Durchmesser der Hornhaut eingetreten. Beim Menschen habe ich diese Abflachung nicht direct nachweisen können, weil mir hinlänglich frische Leichenaugen nicht zur Verfügung standen; es ist jedoch in hohem Grade wahrscheinlich, dass sie unter diesen Umständen auch beim Menschen eintreten wird.

Indessen ist klar, dass zwischen dieser urplötzlichen Erhöhung des intraocularen Drucks und der, selbst in acuten Fällen,

viel langsameren in pathologischen Zuständen ein grosser Unterschied besteht, und dass aus jener nicht unmittelbar auf diese geschlossen werden darf.

Schon Donders hat angegeben, dass sich an glaukomatösen Augen keine ungewöhnlichen Hornhautradien auffinden lassen; doch zieht er hieraus keinen bestimmten Schluss, weil die Messung in Folge ungenauer Fixation keine hinreichend zuverlässige sein könne. Ich kann zunächst bestätigen, dass in einer Anzahl durch entzündliches Glaukom erblindeter Augen, die aber noch ziemlich scharfe Reflexbilder der Cornea lieferten, Hornhautradien mit Werthen von 8,1 bis 8,3, also keineswegs ungewöhnlich grosse, gefunden wurden. Mehr Werth möchte ich aber auf die Beobachtung einzelner Fälle von Prodromal-Glaukom legen, welche durch eine Reihe von Monaten an denselben Individuen fortgesetzt wurde. Als Beispiel führe ich eine 50 jährige Frau an, deren linkes Auge wegen acuten Glaukoms iridektomirt worden war, und welche rechterseits seit Jahren an deutlichen Prodromalsymptomen litt. Es war zeitweise Druckerhöhung und Arterienpuls der Netzhaut vorhanden. Die Sehschärfe war jedoch noch gleich 2/3, die Fixation bei der ophthalmometrischen Untersuchung tadellos. Das rechte Auge hatte früher eine Hp. von 2 D, die allmählig auf 3, zuletzt auf 4 D stieg. In den letzten 6 Monaten hat die Hp. um mehr als 1 D zugenommen; die Krümmung der Hornhaut hat sich aber in dieser Zeit nicht vermindert, sie ist nahezu unverändert geblieben, ja sie hat eher noch eine Spur zugenommen. Ich glaube hieraus den Schluss ziehen zu dürfen dass die Hornhaut an den im Verlaufe des Glaukoms zuweilen vorkommenden Refractionsherabsetzungen keinen Antheil hat und dass die Ursache derselben anderwärts zu suchen ist.

Ein gleiches negatives Resultat ergaben die Beobachtungen von an Glaucoma chronicum mit subacuten Anfällen leidenden Patienten, deren Hornhäute sowohl während der Anfälle, als in den freien Intervallen gemessen wurden. Irgend eine nennenswerthe Differenz konnte niemals aufgefunden werden. Das Gleiche zeigte sich, wenn glaukomatöse Augen während eines Anfalls, und unmittelbar nach der Entspannung durch Physostigmin, der Untersuchung unterworfen wurden. Da auch die wegen Glaukom iridektomirten Augen sich bezüglich der Horn-

hautform nicht anders verhalten wie andere Augen, so scheint der Schluss gerechtfertigt, dass der glaukomatöse Process die Hornhautkrümmung nicht wesentlich beeinflusst und das die supponirte Abflachung nicht existirt.

Ueber andere pathologische Affectionen kann ich rasch hinweggehen, um so mehr als die Resultate negativ waren. Es wurden Fälle von frischen und älteren Augenmuskellähmungen (Lähmungen des Abducens, Trochlearis und Facialis), sowie von Accommodationsparalyse untersucht, desgleichen Fälle von angeborenem Iriscolobom, ohne dass die Hornhaut ungewöhnliche Krümmungen zeigte. In einem Falle von beiderseitigem Schichtstaar wurde beiderseits, in einem Falle von einseitiger Cataracta congenita wurde auf dem kranken Auge ein ansehnlicher As der Cornea gefunden; doch stehen diese Beobachtungen zu vereinzelt da, um allgemeinere Schlüsse zu gestatten. Auch zahlreiche Untersuchungen von Augen mit Keratitis parenchymatosa, Iritis plastica und Iritis serosa liessen wohl einzelne Schwankungen, aber keine sicheren Veränderungen der Hornhautkrümmung in einem bestimmten Sinne erkennen.

Geben wir nunmehr zu den Verhältnissen nach Operationen und zwar zunächst den Cataractextrationen über. Es wurden im Ganzen 35 Fälle von staaroperirten Augen untersucht und vom 8. bis 10. Tage nach der Operation längere Zeit hindurch verfolgt — in einem Theil derselben war die Hornhautkrümmung vor der Operation gemessen worden. Es hat sich hierbei Folgendes ergeben: In den innerhalb der ersten 14 Tage untersuchten Fällen fand sich ausnahmslos ein starker As von 2 bis 7 D mit schwächerer Krümmung des verticalen Meridians. Es ist das der bekannte Wundastigmatismus. In den folgenden Wochen nimmt er successive ab und scheint erst nach 2 bis 3 Monaten völlig stationär zu werden; so lange dauert es also bis der Vernarbungsprocess abgelaufen ist. Ganz verschwindet der As jedoch nicht; denn in 16 Fällen, in denen die Untersuchung nach Ablauf von mehr als drei Monaten vorgenommen wurde, fehlte ein As von 1 bis 2 1/2 D niemals; und bemerkenswerth ist, dass unter diesen 16 Fällen vier Mal ein As mit stärkerer Krümmung des verticalen Meridians gefunden wurde, wofür der Grund nicht in den

Verhältnissen der Wundheilung gesucht werden konnte; denn diese boten durchaus nichts Aussergewöhnliches dar. — Die stäkeren Grade des dauernden As betrafen vorzugsweise jugendliche Individuen. Es gestaltete sich demnach die Sache so, dass die Linearextraction nach Gräfe immer einen gewissen Grad von As hinterlässt, bei dem gewöhnlich, aber nicht immer, der verticale Meridian die geringere Krümmung darbietet und der besonders bei jugendlichen Individuen beträchtlich ist.

Von allen am Augapfel ausgeführten Operationen scheint a priori keine einen grösseren Einfluss auf die Hornhautkrümmung ausüben zu sollen, als die Strabismusoperation. Man sollte meinen, dass die Aufhebung der Spannung eines Rectus nicht ohne Wirkung auf die Gestalt der Cornea bleiben könne. Von diesem Gedanken ausgehend hat Knapp schon vor 20 Jahren einige Augen vor und unmittelbar nach der Schieloperation ophthalmometrisch untersucht; obwohl die Resultate nicht ganz übereinstimmend waren, so gelangte er doch zu der Anschauung, dass die vorausgesetzte Veränderung der Hornhautkrümmung nicht nachweislich wäre und die damals supponirte Besserung der Sehschräfe nach der Tenotomie andere Gründe als die Aufhebung eines As haben müsse.

Da die Untersuchung der schielenden, d. h. meist amblyopischen Augen keine zuverlässigen Resultate liefern kann, weil die Fixation derselben nicht hinreichend genau ist, so habe ich mich zur Entscheidung der Frage an diejenigen Augen gehalten, die noch mit guter Sehschärfe begabt waren und an denen eine Tenotomie ausgeführt wurde. Es waren das die Fälle, in denen wegen hochgradigen Strabismus die Rücklagerung des Int. am gesunden Auge vorgenommen ward; überdies handelte es sich um erwachsene, intelligente Individuen, die tadellos fixirten. Es stehen mir die Erfahrungen von fünf solcher Fälle zu Gebote und es wurde die erste Untersuchung kurz vor der Operation, die zweite 1 bis 6 Stunden nach derselben unternommen und dann eine Reihe von Tagen fortgesetzt. Das Resultat war durchaus negativ. Die Tenotomie lässt die Hornhaut in der nämlichen Gestalt zurück, welche sie vor derselben gehabt hat. Es kommen allerdings in den ersten 2 bis 4 Tagen kleine Schwankungen vor, welche mit dem Vernarbungsprocess

in Zusammenhang stehen mögen, dieselben gleichen sich aber sehr bald aus und der definitive Ausgang zeigt keinen Unterschied gegen den Zustand vorher.

Ganz analog sind die Erfahrungen, welche wir an operirten Pterygien gemacht haben; kleine Pterygien bleiben ohne allen Einfluss; grössere scheinen eine Abflachung in der Richtung ihres Zuges zu bewirken; wenigstens ist das wahrscheinlich, weil in mehreren Fällen von einseitigen Pterygien ein entsprechender As constatirt wurde, während das andere nicht mit Pterygium behaftete Auge frei von As war. In zwei Fällen wurde das Pterygium abgetragen ; einmal ging der As von 2,5 D auf 0,5 D zurück, stellte sich jedoch nach einigen Wochen wieder her, ohne dass das Pterygium recidivirt wäre. Im anderen Falle war von der Operation überhaupt keine nennenswerthe Wirkung nachweislich.

Ueber das Verhalten der Hornhaut nach Verletzungen (Stichwunden, Schnittwunden und Contusionen), welches ich in einer grossen Zahl von Fällen studiren konnte, behalte ich mir Mittheilungen an einem anderen Orte vor.

Pflüger: Ich habe ebenfalls viele Messungen mit dem Javal-Schiötz'schen Apparat vorgenommen, namentlich bei Astigmatikern. Die Differenz des Cornealastigmatismus und des subjectiven Totalastigmatismus beträgt häufig meist 1/2 D; nie habe ich dieselbe grösser als 1 D gefunden.

Ich habe in einer Reihe von Fällen die Controle mit dem Parent'schen Cylinderophthalmoskop vorgenommen und gefunden, dass die Differenzen zwischen den Resultaten der ophthalmoskopischen Untersuchung und der übrigen Gläseruntersuchung ganz ähnliche waren, wie die oben angegebenen. Die Differenz betrug häufig 1/2 bis 3/4 D, selten über 1 D. Ferner kann ich die Beobachtung Laqueur's bestätigen, dass, je grösser der Astigmatismus, desto genauer die Uebereinstimmung der Resultate aller drei Untersuchungsmethoden.

Der Javal-Schiötz'sche Apparat ist für die Klinik sehr bequem, indem, Untersucher, welcher den Astigmatismus und dessen Bestimmung noch nicht sicher beherrschen, sich mit Hülfe desselben rasch über den die Sehschärfe herabsetzenden Astigmatismus in einem vorliegenden Falle orientiren.

XII

SUR L'OPHTALMOMÉTRIE

par JAVAL.

(*Bulletin de la Société d'anthropologie*, 5 juillet 1883, p. 621.)

L'ophtalmomètre que j'ai présenté à la Société, il y a deux ans, permettant de mesurer avec précision et rapidité le rayon de courbure de la cornée, j'ai pu effectuer bien des centaines de mensurations dans un but médical, et, chemin faisant, j'ai cru remarquer les faits suivants :

1° Le rayon est plus petit chez les individus de petite taille ;

2° Toutes choses égales d'ailleurs, il est souvent plus petit chez les myopes ;

3° Il est généralement plus petit dans le méridien vertical que dans l'horizontal, mais le contraire s'observe fréquemment chez les Juifs. Ce fait vient à l'appui de la remarque dont j'avais autrefois fait part à la Société, et qui a été confirmée par le docteur de Wecker, d'après laquelle, chez les Juifs, l'astigmatisme total affecte souvent une position inverse de celle habituellement constatée en Europe ;

4° La position du méridien de courbure minima coïncide parfois, dans les cas d'astigmatisme fort, avec celle de la fente palpébrale ; elle se relève du côté externe dans les yeux « à la chinoise », elle s'abaisse au contraire dans le cas où le grand angle des paupières est plus bas que la caroncule.

XIII

VARIATIONS RYTHMIQUES

DE LA COURBURE DE LA CORNÉE

par JAVAL.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 18 octobre 1884, p. 581.)

En août dernier, observant à l'ophtalmomètre un œil atteint de kératocône, j'ai été surpris de voir le rayon de courbure de la cornée varier, par saccades, d'une quantité égale à environ un cinquième de millimètre, et, saisissant le pouls de la malade, j'ai constaté que ces variations présentaient le synchronisme le plus parfait, avec les pulsations artérielles. De plus, la variation n'étant pas la même dans tous les méridiens, nous étions en présence de variations de l'astigmatisme.

Je viens d'observer un cas analogue, mais moins accentué ; c'est également sur un œil affecté de kératocône, mais chez un homme de quarante et un ans, tandis que la première observation est relative à une jeune fille de vingt et un ans.

XIV

SULLA REFRAZIONE E CORREZIONE

DELLE

CORNEE CONICHE ED ECTATICHE

Per ARNALDO ANGELUCCI.

(*Annali di Oftalmologia*, 1884, anno XIII, fascicolo.

Nel congresso oculistico italiano tenuto in Padova nel 1882 esposi brevemente le conclusioni d'un mio studio sullo stato di refrazione delle cornee coniche e sui mezzi di correzione di questo difetto di vista (1). Il modo troppo sommario con cui ne enunciai i risultati mi obbligava a tornare sulla questione; ed oggi lo faccio di buon grado avendo potuto colmare molte lacune di quello studio preliminare con nuove osservazioni.

Fin dal principio delle mie ricerche compresi di leggeri come fosse indispensabile la scelta d'un metodo che mi portasse all'esatta conoscenza dello stato di refrazione delle cornee coniche poco potendo io fidare su ricerche anteriori. Infatti sebbene Knapp, Donders, Middelburg, Mauthner, Horner, abbiano fissato il valore di refrazione della cornea, pure poche ed incomplete osservazioni furono spese a determinarne lo stato nelle cornee coniche, e ciò sia perchè il terreno era arduo ed ingrato,

(1) Annali di oftalmologia, anno 1883.

quanto perchè le ricerche oftalmometriche furono per molto tempo un lusso di scienza non accordato che a pochi ed abilissimi ricercatori.

Come è noto queste circostanze non erano collegate alla mancanza d'un istrumento adatto, tutti conoscono l'oftalmometro perfettissimo di HELMHOLTZ, ma perchè lungo e penoso ne era il maneggio, ed il calcolo complicato : ad esempio il REUSS che studiò l'influenza dell' età sulla curvatura della cornea dovette limitarsi a misurare il solo diametro orizzontale, e per dare un valore d'esattezza alle sue ricerche fu costretto supporre che il diametro orizzontale sia di regola il meridiano di curvatura minima.

Da poco tempo queste circostanze sfavorevoli sono del tutto cambiate, essendo stato messo nelle mani dei cultori dell' oftalmologia un istrumento che ha sormontate le difficoltà tecniche ed aboliti i calcoli matematici : parlo dell' oftalmometro JAVAL SCHIÖTZ. Questo istrumento con facilità grandissima di manovra, fa conoscere la refrazione in diottrie d'ogni singolo meridiano, mostra a colpo d'occhio di quanto un meridiano è più refrangente dell' altro, mentre con un calcolo ben semplice se ne può ricavare il raggio di curvatura. A quali risultati si possa giungere con questo istrumento chiaramente lo mostrano i recenti studii del NORDONSON che fu uno dei primi a servirsene per misurare l'astigmatismo della cornea.

Mi trovava a Parigi precisamente ai tempi delle ricerche di NORDONSON quando lo stesso JAVAL mi spinse ad intraprendere col suo istrumento le ricerche oftalmometriche da me vagheggiate; mise a mia disposizione il suo materiale ed il gabinetto d'oftalmologia alla Sorbonne. È perciò che io qui gliene rendo pubbliche grazie.

Non entrerà in dettagli sulla costruzione e sul principio su cui basasi l'oftalmometro JAVAL SCHIÖTZ essendo questo stato presentato al congresso oculistico internazionale di Milano, al congresso medico internazionale di Londra ed illustrato da JAVAL con due lavori speciali.

Il modo come condussi le mie ricerche fu semplicissimo; tolto il prisma birefrangente cominciai per far riflettere dalla cornea che esaminava il disco cheratoscopico di PLACIDO modificato dallo JAVAL ed inerente al suo ottalmometro, ne disegnai

l'immagine virtuale, tracciai gli orli del forame pupillare ponendo speciale attenzione alla sua posizione rispetto a quella dell'immagine riflessa: ricavai quindi il valore di rifrazione dei meridiani principali della cornea e di quello il più ed il meno refrangente. Su d'ogni singolo meridiano presi due misure, l'una estendesi per 1 1/2 mill. di diametro nella porzione centrale della cornea l'altra per 3 mill. La misura d'una sezione più grande di cornea era inutile allo scopo prefissomi perchè il forame pupillare in media non supera la larghezza di 3, 4 mill.

Da principio esaminai solamente cornee affette da cheratocono, ma poi estei le mie ricerche anche a quelle ectatiche per malattie parenchimatose, la di cui forma di molto s'avvicina alla conica ed in cui osservansi le stesse anomalie di rifrazione che nel cheratocono.

Quando ad una cornea il cui raggio di curvatura è normale ed identico in tutti i meridiani, si metta innanzi il disco cheratoscopico di Placido-Javal che ha disegnati dischi concentrici il cui spessore aumenta seguendo la legge delle tangenti, se si cura che l'asse della cornea coincida con quello dell'istrumento si avrà un immagine riflesssa eguala alla (fig. 38).

Qui ogni linea è perfettamente circolare; e tanto la bianca, la grigia e la nera sono l'una della stessa spessezza dell' altra. Il margine periferico dell'immagine ricopre esattamente il forame pupillare, il suo asse coincide con quello della pupilla. L'immagine riflessa misura anche l'apertura del forame pupillare marcando ogni cerchio nero un mill. di diametro dell'area pupillare.

Dipendendo per legge di fisica la grandezza dell' immagine riflessa dal raggio di curvatura della cornea, cioè essendo la grandezza della prima in ragione diretta della lunghezza del secondo, ne avverrà che la minima variante di curvatura d'un diametro o d'una sezione della cornea sull'altra indurrà una irregolarità nell'immagine. Naturalmente la diformazione segue una legge costante poichè la parte più grande della figura rispetto alle altre indica un aumento del raggio di curvatura ed in conseguenza la minor refrazione della parte della cornea che la riflette.

La deformazione dell' immagine riflessa dalle parti centrali

Fig. 38

Fig. 39

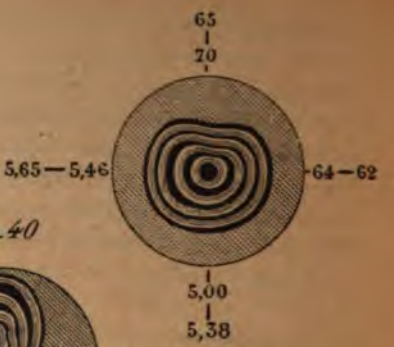


Fig. 40

Fig. 41

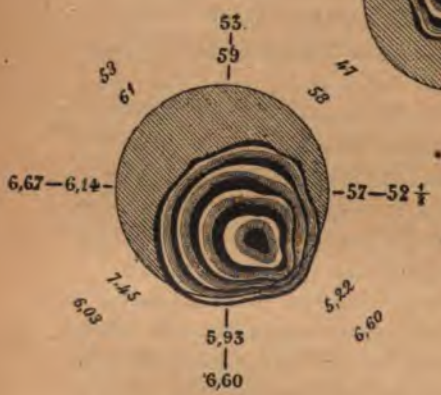
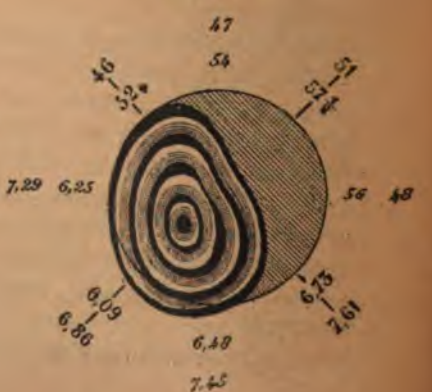


Fig. 42

Fig. 43

Fig. 44



della cornea è molto sensibile in tutti i casi di cornee coniche ed ectatiche, vedi (fig. 39, 40, 44), tanto che basta l'osservazione di questa sola sezione per stabilire una diagnosi; tuttavia il difetto rendesi di gran lunga più appariscente quando si osservano le parti periferiche della cornea facendo guardare il soggetto su d'una linea che formi coll'asse dell' istrumento 22 gradi.

Da quello che si è detto chiaramente apparisce che la fig. 39 appartiene ad una cornea la cui refrazione è di gran lunga più forte delle cornee normali. La piccolezza della immagine riflessa sia presa in se stessa quanto comparata all'area pupillare è manifesta e colpisce; inoltre osservasi che la parte superiore dell' immagine è più breve della inferiore : ciò deve riportarsi indubitatamente alla prevalenza di refrazione del segmento superiore della cornea sull'inferiore.

L'immagine in discorso fu ricavata da un occhio affetto da cheratocono non soverchiamente progredito ed in cui la sommità era trasparente. Altre cinque cornee coniche da me esaminate offrirono tutte oltre la piccolezza dell' immagine anche una differenza di grandezza fra una parte dell' immagine sull' altra. In generale trovai che l'immagine è tanto più deformata irregolarmente, e l'apice di tanto più spostato per quanto sviluppato è il cheratocono. Veggasi la fig. 40, appartenente ad un occhio in cui il cheratocono era sviluppatissimo, e l'apice opacato.

Le altre fig. 41, 42, 44, appartengono a cornee ectatiche in toto. Anche qui l'immagine riflessa più ristretta dell' orlo pupillare non solo mostra la cornea più refrangente della normale, ma anche l'irregolarità di refrazione nei meridiani principali, ed il fatto importantissimo dello spostamento dell' asse della cornea dall' asse visuale. Questi fu trovato spostato in tutte le cornee ectatiche esaminate, come di regola fu anche trovata la deformazione dell' immagine riflessa.

Già a primo aspetto si vede che le sole ricerche cheratascopiche sebbene offrono un mezzo d'orientamento molto valevole, pure questo sarebbe stato molto insufficiente allo scopo prefissomi non potendo con esso conoscere e la forza di refrazione dei singoli meridiani e di quanto uno s'allontana dall' altro. È perciò che io ho trovato indispensabile l'aggiunta dell' esame

oftalmometrico. Così dalla somma di questi due metodi viene soddisfatta ogni esigenza arrivandosi ad una perfezione se non assoluta almeno molto apprezzabile; poichè se l'oftalmetrobasta a dare la refrazione d'un meridiano e la differenza di questo sugli altri, l'immagine riflessa fa conoscere se in tutta la sezione del meridiano misurato la refrazione è identica, e se l'asse della cornea coincide coll' asse visuale.

Scendiamo ora ad esaminare il valore di refrazione trovato coll' oftalmometro nelle cornee di cui tracciai le immagini riflesse di già esaminate.

Nella fig. 38 d'un occhio normale il valore di refrazione misurato col prisma *N* 3 è identico in tutti i meridiani come anche eguale è quello del raggio di curvatura. Le diottrie sono marcate nella metà superiore della figura i raggi di curvatura nella metà inferiore.

Il valore oftalmometrico dell' occhio conico è rappresentato nella fig. 39, 41, quelle delle cornee ectatiche nelle fig. 42, 43, 44, numeri i più adossati alle figure rappresentano la refrazione di una calotta delle parti centrali della cornea il cui diametro è d'un mill. e mezzo, quei all' esterno il diametro di tre mill. di cornea.

In tutte le misure ed in tutti i meridiani delle figura in discorso trovasi costantemente che la refrazione della cornea nel diametro 1 1/2 mill. è di gran lunga superiore che nel diametro di 3 mill. Che v'è un astigmatismo differente in tutti i meridiani : ed un astigmatismo fra le varie parti d'uno stesso meridiano.

Risulta adunque :

I. Che nelle cornee coniche ed ectatiche esiste sempre un astigmatismo irregolare.

II. Che l'astigmatismo su d'uno stesso meridiano non è identico, ed è constantemente più forte nel centro che nelle parti periferiche della cornea. Infatti lo squilibrio di refrazione fra due meridiani opposti, è più forte nelle parti centrali della cornea, che nella periferia.

III. Che molte volte l'asse della cornea non coincide coll'asse visuale.

Quali lumi possono dare alla pratica i risultati di queste ricerche?

Nulla più di questo modo di precedere potendo dare un orientamento completo della situazione fa vedere a colpo d'occhio quale è la parte più difettosa, quale la più vicina al normale d'una cornea in esame.

Vantaggioso adunque sarà in quei casi pur troppo frequenti di occhi affetti da cornee ectatiche in cui dobbiamo ricorrere ad un iridectomia. In essi spesso trovansi quale conseguenza d'infiammazione dei leucomi aderenti e delle sinechie posteriori che impediscono il dilatamento dell' iride e paralizzano così l'ottimo sistema di sciegliere il miglior meridiano facendo guardare il malato attraverso la fessura stenopeica. In questi frangenti l'immagine riflessa dalla cornea ed il valore di refrazione d'ogni singola sezione sono quelli che conducono a trovare il luogo più normale e più adatto. Nell' occhio in cui fu tolta la fig. 44 dovendosi procedere ad un iridectomia fu scelto il segmento inferiore, perchè qui l'immagine riflessa della parte centrale presentava le minori alterazioni e la refrazione era la più regolare. Un' assicurazione maggiore sulla scelta del settore della cornea fu trovata quando si fece guardare il malato su di una linea che faceva un angolo di 17 coll' asse del cheratoscopio : allora si ebbe una figura perfettamente normale nel quadrante inferiore della cornea, mentre figure sformate venivano riflesse dai quadranti laterali e dal superiore.

In alcuni casi di cheratocono si è obbligati di procedere ad un operazione, sia essa un' iridectomia sia all' abbassamento dell' apice. In tali evenienze essendo costantemente l'apice opacato, il metodo di fissare il luogo colla fessura stenopeica è del tutto impotente ; invece servendosi dell' immagine riflessa e delle misure oftalmometriche, nel caso di un iridectomia, questa verrà condotta nel meridiano il più normale ed il meno spostato dall' asse visuale, mentre se si dovrà ricorrere all' abbassamento, oltre dirigere le manovre all' apice si rivolgeranno a preferenza sul diametro il più rifrangente o il più difettoso.

Prima d'entrare nella questione della correzione della conicità della cornea, e del suo astigmatismo irregolare, mi permetto di segnalare un altro aiuto che puo ricavarsi da questo metodo.

In alcuni malati si puo trovare alla ricerca della correzione con vetri cilindrici un astigmatismo ad esempio di 4 diottrie, il vetro non conviene molto, la correzione non è completa anzi perdurano tuttora i sintomi d'astenopia. Paralizzato coi midriatici l'astigmatismo correttore della lente invece di trovare aumentato l'astigmatismo questo sarà invece diminuito di due diottrie. L'esame oftalmometrico svelerà un occhio astigmatico in cui l'astigmatismo centrale è più forte del periferico; l'allargamento della pupilla ha fatto sí che il soggetto ha utilizzato le parti periferiche meno astigmatiche.

Eccoci al *punctum saliens* cioè al capitolo della correzione delle cornee coniche ed ectatiche. La cornea conica (cheratacono) innanzi tutto non è tale, cioè le due linee opposte che la limitano non seguono la figura d'un cono, ma bensi quella dell' iperbole; insomma esse non sono come i due assintotti del cono due linee rette che l'incontrano in un punto che è l'apice, ma sono rappresentate da due linee che diminuiscono progressivamente di raggio di curvatura per quanto più s'avvicinano al punto in cui l'una va intersecare quella del lato opposto.

Basta dare un'occhiata ai valori di refrazione ricavati dalle cornee coniche fig. 39, 41, per convincersi (fatto di già ben conosciuto) che le parti medie refrangono meno delle centrale et queste meno delle periferiche. Se invece nel cheratocono si trattasse di cornee esattamente coniche, il valore di refrazione sarebbe uguale in tutti i punti in cui fossero prese le misure, eguali essendo gli angoli d'incidenza ed eguali di necessità gli angoli di refrazione. Infatti lo schema (1) inserito nel testo mostra l' ndamento dei raggi refratti dalle superficie coniche, cioè che i raggi paralleli conservansi come tali anche dopo la refrazione. Premesse queste considerazioni essendo generalmente impiegata la dominazione di cheratocono, o di cornea conica ancora io mi serviro di questa usuale ma impropria denominazione.

La correzione del cheratocono fu proposta ed effettuata dal Raehlman (2) a cui ben presto s'associarono (3) Leroy, Beneky (4)

(1) [Cette figure n'est pas reproduite dans la présente réimpression.]
(2) *Klinische Monatsblaetter Für Augenheikunde*, 1879.
(3) *Lyon médical*, XXXIV.
(4) *Du kératocone et de sa correction*, Paris, 1881.

ed io stesso (1). Raehlman propose due differenti sorta di lenti, le une coniche negli assintotti a forma iperbolica nell' apice, e lenti puramente iperboliche. Ottimi risultati coronarono l'aspettazione che si aveva sulla forza correttiva di questi vetri; tuttavia le ricerche s'estesero sul lato esclusivamente clinico. Nessuno dei citati autori esaminò coll' oftalmometro lo stato di refrazione della cornea che voleva correggere, nè si spinse ad un esame dell' andamento dei raggi nelle lenti che impiegavano per la correzione, onde vedere se questi coincidevano con quelli che escono d'all' occhio affetto da cheratocono. Il solo Leroy senza interessarsi d'altro, traccio molto sommariamente la refrazione d'un fascio luminoso a traverso un vetro conico.

Avendo io cercato di riempire queste lacune, mi trovai innanzi tutto avanti ad un fatto sfuggito al Raehlman ed agli altri cioè *che tutte le cornee coniche sono irregolarmente astigmatiche, che l'astigmatismo aumenta progessivamente nelle parti centrali della cornea.*

Una cornea conica non è come la cornea colpita dall' astigmatismo regolare un elissoide a tre piani ineguali in cui un vetro cilindrico riduce eguali due archi di curvatura massimo e minimo, tangenti al piano perpendicolare dell' asse antero-posteriore egualizzando nello stesso tempo, come si dimostra con un calcolo ben semplice, la refrazione di tutti gli altri meridiani; qui invece ai due archi di curvatura massima e minima, non solo non corrisponde l'eguaglianza di refrazione degli archi intermedi, ma l'astigmatismo è differente su d'uno stesso meridiano.

Per correggere questo difetto adunque sono impotenti i mezzi di correzione che s'impiegano negli occhi affetti d'astigmatismo regolare poichè la lente cilindrica non ha forza refrattiva differente nel meridiano correttore, come del pari è inutile a questa l'aggiunta della lente sferica perchè i raggi di curvatura di questa sono dapertutto identici. Indispensabile adunque era di riconoscere la causa che ingenera l'astigmatismo più forte nelle calotte centrali che nelle medie e periferiche della cornea conica.

. . . . . .

(1) *Gazetta medica di Roma, nel* 1882.

[Je renvoie au travail original pour une longue partie mathématique qui conduit l'auteur à la conclusion suivante :]

Sebbene dal complesso risulti che è impossibile la perfetta correzione della cornea conica; tuttavia ciò non toglie che le lenti coniche ed iperboliche sono quelle che più da vicino si sobbarcano alla loro correzione. In questo punto non sarà opera vana il ricorrere alle esperienze avute da altri e da me, sui buoni servigi che si hanno da esse avuti, superiori sempre agli altri mezzi ottici fino ad ora impiegati.

Rahelmann ebbe ad osservare i seguenti casi :

I. Giovane Signorina a 19 anni affetta nell' occhio destro da un cheratocono tipico non opacato all' apice. Senza lenti contava le dita a 15 piedi ; colla fessura stenopeica con vetri cilindrici e sferici la visione saliva ad 1/10, col vetro conico 3, il potere visivo giungeva ad 1/2.

II. — Signorina a 27 anni presentava un cheratocono con leggero opacamento dell' apice, il resto della cornea era qua e là opacato per una cheratite pannosa pregressa. La fessura stenopeica e l'uso delle lenti sferiche portavano la visione a 14/200 con vetro iperbolico *P. V.* = 10/50.

Casi di Dor.

III. — Madamigella R. il potere visivo dell' occhio sinistro era originariamente 4/200, sette giorni dopo praticata un operazione d'iridectomia la malata vedeva attraverso la fessura stenopeica 20/70 con vetro conico 1 visione identica 20/70 ma aumento di campo visuale.

IV. — Paziente con cheratocono leggermente opacato in ambedue gli occhi, era di già stato operato. La fessura stenopeica conduceva la visione dell' occhi sinistro a 20/200 del destro a 10/200. Il vetro conico 1 non mutava le condizioni dell' occhio sinistro *P. V.* = 20/200 nell' occhio destro faceva ascendere la visione a 10/100.

V. — Signorina a 18 anni doppio cheratocono con opocamento centrale. Potere visivo dell' occhio sinistro : fessura stenopeica e lente concava — 12 diottrie 20/200. Nell' occhio

destro: fessura stenopeica unita ad un leggero vetro concavo *P. V.* = 2/70.

Dopo l'iridectomia bilaterale.

Occhio destro 20/100 sinistro 20/200 senza vetri. La fessura stenopeica corregge fino a 20/70 così anche il vetro concavo — 11 diottrie, ma l'inferma non vede nulla da vicino. Col vetro conico 3 occhio destro *P.V.* = 20/70 col sinistro *P. V.* = 20/100. Con ambedue gli occhi la visione aumenta a 20/50 tanto per la vicinanza che per la lontananza.

VI. — *Sorella V.* cheratocono bilaterale in ambedue gli occhi il potere visivo era di 20/200 : col vetro conico 3 *P.V.* = 20/50. Venne praticata un iridectomia. Senza vetro il potere visivo bilaterale era 20/100 con vetro conico 2 *P. V.* = 20/30.

Un altro caso citato dal Dor ed uno del Leroy non meritano una menzione speciale.

Innanzi di parlare dei miei casi accennerò come io mi servissi di lenti coniche smussate nell' apice fornitemi dal signor Artaria ottico in Ginevra, in una la profondità del cono era di 0,5 mill., nella seconda di 1 mill. nell' altra di 2 mill. sovrapponendo alla più refrangente l'una od ambedue le altre si arrivava a 2,5 mill. 3 mill, 3,5 mill.

Caso I. — Il primo soggetto che ebbi ad esaminare fu una certa *Maria M.* di anni 22. Presenta un cheratocono binoculare ben sviluppato e perfettamente trasparente. Da vicino legge con ambedue gli occhi 2 Jaeger a 7 centimetri, ma stentatamente. A due piedi di lontananza non vede che grosse lettere la cui visione importa un acutezza visuale d' 1/60 in circa. Lenti sferiche — 13 diottrie portono in ambi gli occhi il *P. V.* = 10/50. Lenti coniche — 3 1/2 *P. V.* = 10/25. Questi brevi appunti furono da me presi sul soggetto presentatosi nell' ambulatorio di M. Galezowski; pregata a ritornare per assoggettarla a ricerche oftalmometriche non venne e fu perduta completamente di vista.

Caso II. — *D. T.* di anni 22 affetto da cheratocono binoculare ad apice trasparente più pronunciato a sinistra che a destra, racconta d'avere sempre avuto una cattiva vista, però da due

anni è andata scemando. In vicinanza molto ravvicinando il libro legge stentatamente con l'occhio destro Jager 1, col sinistro Jager 2. In lontananza il potere visivo è per l'occhio destro 1/10 pel sinistro 1/12.

Con fessura stenopeica asse orizzontale *P. V.* = 1/6 in ambedue gli occhi, meglio però col destro, lo stesso risultato con — 1 diottria. Con — 5 diottrie *P. V.* = 1/4 però le lettere appaiono molto più piccole. All' oftalmometro l'occhio sinistro era astigmatico nel piano perpendicolare di 6 diottrie misurato con prisma 1 1/2, di 3 diottrie col prisma 3 vedi fig. 39. L'occhio destro era astigmatico nel meridiano 15 di 9 diottrie con prisma 1 1/2, di 3 1/2 diottrie col prisma 3.

La migliore correzione con lenti cilindriche e sferiche si otteneva per l'occhio sinistro con — 2 diottrie cilindriche — 2 diottrie concave *P. V.* 1/6 : per il destro con — 4 diottrie cilindriche — 4 diottrie sferiche *P. V.* = 1/6. Con lente conica 1 1/2 occhio sinistro *P. V.* = 10/35. Occhio destro 2, *P. V.* = 10/40.

Le condizioni oftalmometriche della cornea dell' occhio sinistro furono riprodotte come di già s'accennò nella fig. 39. L'immagine riflessa dalla cornea dell' occhio destro era ovale schiacciata e molto più piccola del normale (1).

Caso III. — *Giovanni A.* di anni 33 cheratocono pellucido dell'occhio destro, nel sinistro più prominente ed opacato. L'acutezza del potere visivo dell' occhio destro fu presa con le tavole del Burchardt perchè quasi illetterato. Alle leggere inesattezze che insorgono di conseguenza nell' impiego di questo metodo cercai di rimediarvi con prendere la media dei risultati i più attendibili. In vicinanza il potere visivo era ridotto ad 1/4 in lontananza ad 1/20 con fessura stenopeica ad 1/12. L'immagine riflessa è periforme coll' apice in basso ed all' esterno, il centro di essa è appena spostato. L'astigmatismo centrale misurato con prisma 1 1/2 e di 8 diottrie con prisma 3 di 4 3/4 diottrie.

(1) Cette observation II se rapporte au même Dr T. dont il est question ci-dessus p. 76 et dont l'œil gauche est représenté fig. 30, — la fig. 30 est renversée, telle qu'on l'a dessinée d'après l'ophtalmomètre; la fig. 39 de M. Angelucci est redressée.

Quanto alla correzione, con — 2,25 diottrie — 2,50 astigmatiche asse 40, *P. V.* = 1/6 con lente iperbolica 2 1/2 *P. V.* = 10/50 con l'aggiunta di 2 — diottrie astigmatiche *P. V.* = 10/35.

Nell'altr' occhio con esteso opacamento centrale i vetri conici sembravano agire al quanto meglio dei concavi poichè mentre senza lenti contava le dita a 2 metri con — 3 diottrie concave contava le dita a 5 metri con 2 coniche alla stessa lontananza ma con meno errori.

Caso IV.— *M. R.* di anni 9 cheratocono nell 'occhio destro il cui apice è leggermente opacato e continuasi con un leucoma aderente sito in basso ed all' interno. L'asse del cono è grandemente spostato, la parte della cornea che coincide coll' asse visuale è trasparente. L'immagine riflessa fig. 41, mostra l'irregolarità di questa cornea sformata da una cicatrice che seguì un ulcero perforante sofferto nei suoi primi anni. Fra il diametro orizzontale ed il perpendicolare che non toccano la cicatrice l'astigmatismo centrale è di due diottrie, il medio di mezza diottria. Nei due diametri obliqui fra quello che passa sulla cicatrice e l'opposto esiste astigmatismo ma, come non è a meravigliarsi, opposto alla regola poichè le parti centrali sono astigmatiche di 3 diottrie mentre le periferiche lo sono di 6. Senza lenti contava le dita a 3 metri con lenti sferiche — 4 diottrie e con lenti coniche 2 1/2 *P. V.* = 1/9 l'aggiunta di vetri cilindrici non conduceva a miglioramento sensibile. L'occhio sinistro era stato da poco operato in seguito a cheratocono coll'abbassamento della cornea il potere visivo di esso superava di alquanto quello dell' occhio sinistro ajutato da lenti correttrici, ma era sicuro un progressivo miglioramento.

Caso V. — *N. V.* fig. 40, cheratocono binoculare spinto al più alto grado con opacamento centrale, ambedue le immagini riflesse dalla cornea erano piccole ed irregolarissime, l'asse era di molto spostato, esisteva un forte nistagmo; questa causa impedì di prendere con esattezza le misure oftalmometriche, solo fu potuto accertare che l'astigmatismo centrale superava di poco le 10 diottrie. La prominenza del cheratocono impedì qualunque misura col prisma 3. In questi due occhi conici ri-

Colle lenti coniche osservasi un leggero aumento del campo visivo.

Fra i fatti culminanti trovati nei miei casi di cheratocono in rapporto alla correzione primeggia innanzi tutto la corferma che i vetri conici sono di gran lunga superiore ai vetri sferici e cilindrici sia uniti che presi isolatamente. Da essi pero non è sperabile una correzione perfetta; invero la massima correzione a cui è arrivato Raehlmann è di 10/20. Dor 10/25 io a 10/25 10/35 10/40 e poco v'è da illudersi che altri ricercatori saranno più fortunati poichè questi risultati furono ottenuti nei casi tipici in cui il cheratocono è suscettibile di perfetta correzione, cioè quando il suo apice è perfettamente trasparente.

La causa di questa necessaria evenienza risiede nelle condizioni diottriche della cornea conica e dei mezzi di correzione proposti, cosa che fu di sopra largamente trattata.

Riguardo la correzione dell' astigmatismo si è visto che un vetro cilindrico unito ad un conico porta almeno in alcuni casi ad un aumento di visione. Qui è acconcio il far risaltare che l'astigmatismo della cornea non disturba di tanto il potere visivo quanto la conicità, e cio perchè viene in parte paralizzato dall' astigmatismo correttore della lente. Che questa correzione esista, e sia patente, chiaro lo mostra la grande differenza fra l'astigmatismo totale trovato nel primo e nel secondo caso con quello che appariva dal vetro cilindrico prescelto. Se invece si va ad osservare il rapporto che sta fra i gradi di conicità della cornea e la forza del vetro conico trovato il più adatto, si vedrà che l'una sta in ragione diretta dell' altro e che mentre la lente cristallina nei casi di cheratocono sobbarcasi ampiamente alla correzione astigmatica, è del tutto impotente ad una correzione conica.

Raehlmann oltre all' aver riconosciuto nei vetri iperbolici il mezzo il più adatto per la correzione delle cornee coniche enumero altri vantaggi a cui io pienamente m'associo; cioè che nell' impiego di essi si ha un aumento di campo visuale, che debbono essere preferiti anche a parità di condizioni alla fessura stenopeica per lo svantaggio che ha questa di darci la visione su d'una data linea, che in essi l'occhio resta accomodato tanto per la lontananza che per la vicinanza.

Certo non sarà sfuggito al lettore che nei casi di cheratocono

registrati esiste un grande squilibrio fra l'acutezza visuale per la vicinanza e quella per gli oggetti lontani, la migliore visione nella vicinanza dipende dacchè in tale frangente, stante la ristrettezza del foro pupillare, entrano nell' occhio una minor quantità di raggi luminosi, percio meno circoli di diffusione, quanto è principalmente perchè essendo l'occhio conico più allungato del normale non puo percepire che raggi divergenti.

La visione migliore da vicino osservasi anche nei casi ad apice opacato, si rammenti il caso quarto, qui il malato servivasi, inclinando la testa da un lato delle parti medie della cornea.

Lo spostamento in alto grado del centro d'una cornea conica che tanto renderebbe vana la correzione conica accompagnando sempre i casi in cui esiste per soverchio sviluppo del cheratocono un opacamento centrale, non altera punto l'utilità dei vetri conici nel cheratocono; coincidendo qui l'impossibilità diottrica della loro applicazione collo stato di condizione anormale di trasparenza della cornea.

In questo stato è sempre da preferirsi l'abbassamento dell' apice del cono all' incompletissima correzione che ottiensi per mezzo dei vetri sia sferici che conici. Alcuni casi d'abbassamento da me osservati ed altre osservazioni registrate o verbalmente comunicatemi mi hanno portato alla convinzione, che allorchè con felice risultato si abbassano i cheratoconi ad apice opacato, la potenza della forza visiva è di gran lunga maggiore di quella che ottiensi colla semplice correzione, la stessa cosa puo dirsi pei casi che richieggono un'iridectomia.

Al Raehlmann non era sfuggito che i vetri conici trovassero una vantaggiosa applicazione nelle conicità atipiche della cornea (ectasia) che seguono infiammazioni parenchimatose; egli pero ne volle stabilire i vantaggi in un caso troppo ingrato e percio poco decisivo.

Egli cita il caso d'una giovane d'anni 22 con leucoma aderente binoculare; l'occhio sinistro presentava una cicatrice corneale ed un ectasia a forma conica. Fu praticata un iridectomia, l'area corneale corrispondente alla pupilla artificiale resultò leggermente opacata; colla correzione per mezzo di lenti il vetro — 2 diottrie sferico conduceva il *P. V.* = 14/200

la lente 1,5 iperbolica *P. V.* = 20/100 il soggetto preferiva servirsi delle parti alquanto eccentriche di essa.

Io presento nelle figure 42, 43, 44, tre cornee ectatiche in toto, che anche apparentemente seguivano una forma parabolica ben sviluppata. Lo stato di refrazione e la differenza di valori trovati nelle parti centrali più refrangenti delle parti medie, veggonsi in esse fedelmente riprodotte: dall' esame di quelle cifre di leggeri rilevasi, come fu di sopra accennato, che esse sono irregolarmente astigmatiche, che su d'uno stesso meridiano l'astigmatismo è più forte nelle parti centrali che nelle periferiche, che l'apice della cornea è spostato. Insomma che esse hanno, oltre una certa identità nella curva, anche i stessi difetti di refrazione che osservansi nelle cornee coniche, colla differenza che l'apice della cornea costantemente spostato, quando anche lo sia grandemente, non include qui la necessità dell' opacamento centrale.

Passiamo adesso alla loro correzione, e prendiamo a considerare la fig. 42 riflessa dalla cornea leggermente opacata dell' occhio destro d'una ragazza a 15 anni. L'astigmatismo centrale è di 4, 1/2 diottrie il medio di 3, 1/2 diottrie il *P. V.* = 1/10 con — 2 diottrie cilindriche asse orizzontale *P. V.* = 1/6 con — 1, 1/2 conico *P. V.* = 1/7 ma a stento; non v' era miglioramento.

M. C. di anni 17, ectasia corneale dell' occhio destro fig. 43. Astigmatismo centrale 9 diottrie medio 6 diottrie *P. V.* = 1/8. Lente + 3 diottrie cilindrica *P. V.* = 1/4 con la lente conica solo quando guardava attraverso le parti periferiche di essa si aveva una visione alquanto più chiara che ad occhio nudo, nessun miglioramento anche in questo caso ottenevasi dai vetri conici.

In qualche altro caso esaminato in cui esisteva grande spostamento ed astigmatismo, i vetri conici non diedero mai migliori resultati dei cilindrici o dei sferici, tuttavia in un caso mi fu dato d'esperimentarne i buoni effetti.

Trattavasi d'un occhio miope in cui la cornea era ectatica in toto e trasparente in una giovane di anni 22. Da vicino senza lente leggeva Jaeger 2 alquanto ravvicinato all' occhio, con — 2 diottrie sferiche *P. V.* = 1/3, con lente conica 1 *P. V.* = 1/2.

chiarissimo che trattandosi d'un occhio miope i raggi emergenti dalla retina non vengano all' uscita dell' occhio a decorrere paralleli ma convergono. La superficie da cui partono essendo iperbolica, ne avverrà che i raggi emergenti dal fondo dell'occhio intersecheranno dopo la refrazione la perpedicolare del sistema in punti di tanto ravvicinati al piano della cornea, per quanto più il raggio emergeva dalle parti centrali.

I vetri sferici non sono punto adatti a correggere quest' anomalia di refrazione, poichè essi, non valendo che per la correzione di raggi omocentrici, non possono correggere che per una parte dei raggi uscenti dall' occhio, cioè quelli che col loro fuoco coincidono col fuoco negativo della lente impiegata. Nell' occhio miope con stafiloma i raggi uscenti avendo fuochi molteplici, la lente sferica non potrà inviare all'infinito che un gruppo di raggi. Ammettiamo che vengano corretti i centrali, che sempre il miope presceglie, allora la lente sarà troppo forte per i raggi emergenti dalle parti laterali dell' occhio e questi saranno da essa dispersi, cioè in altro modo che i raggi paralleli incidenti sulla lente concava andranno a riunirsi al di dietro della superficie sensibile delle parti laterali dell' occhio. Conseguenza legittima di questo fatto sarà la diminuzione della visione distinta del campo visivo periferico.

Nel vetro conico, la forza dispersiva diminuendo dal centro alla periferia, questo perfettamente corregge i raggi uscenti dall' occhio stafilomatoso i quali, convergenti al massimo in vicinanza alla perpendicolare, di qua progressivamente diminuiscono di convergenza.

La giustezza di questi ragionamenti teoretici resulta in modo evidente dall' applicazione pratica : ne citero due casi.

N. N. di anni 16, Romana è affetta da forte miopia con esteso stafiloma postico a giudicare dall' atrofia della coroidea. Lo stafiloma è di poco più esteso nell' occhio sinistro.

Occhio destro con Lenti — 3 *P. V.* = 1/3.

Occhio sinistro con Lenti — 3 *P. V.* = 1/5.

Occhio destro con Lente iperbolica — 2 1/2 *P. V.* = 1/3.

Occhio sinistro con Lente iperbolica — 3 *P. V.* = 1/4.

L'acutezza visiva adunque non soffre alcun deperimento coll' impiego delle lenti iperboliche, anzi a giudicare dall' occhio

sinistro induce un leggiero miglioramento. Colla lente iperbolica il soggetto leggeva correttamente coll' occhio sinistro la linea Monoyer che corrisponde ad 1/4 di potere visivo, colla lente miope essa vedevala più confusa.

Anche se il punto lontano dell' occhio miope non si vuole portare all' infinito ma ad una distanza voluta, a ciò prestansi i vetri iperbolici. Il soggetto in discorso leggeva coll' occhio destro senza occhiali 1 Jaeger a 7 cent.: ebbene tanto con lenti concave *N* 18 che colla lente iperbolica *N* 1/2 il punto lontano veniva spostato ad 11 cent.

P. M. di anni 33 presentava stafiloma postico e miopia binoculare, alle ricerche oftalmometriche la cornea aveva una refrazione normale salvo l'astigmatismo d'una diottria, costante nei miopi, come lo mostrano le ricerche del Nordenson, ma completamente corretto dalla lente.

Con la lente — 4 1/2 pollici *P. V.* = 1/3 in ambedue gli occhi con — 2 conica *P. V.* = 2/3.

Il miglioramento del potere visivo in questi due casi trova una giusta spiegazione nell' ammettere, che dalle lenti coniche vengono corretti una maggiore quantità di raggi incidenti sull' occhio, di quelli che è adatto a correggere un vetro sferico.

Non in tutti casi d'alta miopia pero ho costatato un tale miglioramento; non mi faccio percio fautore della sostituzione dei vetri conici ai sferici nella miopia con stafiloma, tantopiù che i primi hanno il difetto che appena l'asse visuale si sposta dall' asse del vetro, le condizioni diottriche dell' uno non sono più adattate a quelle dell' altro. Ciò però nulla toglie alla costatazione del fatto, nè al proficuo impiego di essi in alcuni casi.

Dai fatti fino ad ora trattati sulla correzione delle cornee coniche ed ectatiche rilevasi principalmente:

I vetri iperbolici e conici sono i più adatti a correggere la conicità della cornea conica e l'astigmatismo differente su d'uno stesso meridiano. Fra di essi è sempre da prescegliersi il vetro conico smussato nell' apice, rispondendo meglio questo alle condizioni diottriche dell' occhio conico.

L'unione del vetro cilindrico col conico nella correzione dell' astigmatismo fra due meridiani opposti ed astigmatici d'una cornea conica induce miglioramenti sensibili di visione. (Se

sarà possibile, per la pratica, usare lenti cilindrico-coniche è una questione che non va prematuramente trattata).

Nelle cornee ectatiche non prestasi sempre la correzione conica; quando l'asse della cornea è di molto spostato dall' asse visuale la correzione con le lenti cilindriche mostrasi più proficua.

I vetri conici possono essere adoperati con vantaggio nei forti gradi di miopia da stafiloma postico.

[A. Les yeux à *cornea ectatica in toto* dont parle M. Angelucci ne sont pas autre chose que les *yeux décentrés* dont il a été parlé dans nos précédentes communications.

B. Si je n'ai pas reproduit la partie du mémoire relative aux cornées hyperboliques, c'est parce que les calculs assez longs, qu'on peut lire dans l'original, sont sans intérêt actuel. Toute la morphologie de la cornée est à reprendre au moyen de mesures dans les positions diverses du regard qu'on peut obtenir aisément avec l'ophtalmomètre modèle de 1889.

C. J'appelle tout particulièrement l'attention sur la remarque de M. Angelucci, d'après laquelle l'acuité visuelle des yeux affectés de kératocone serait plus grande pour les objets voisins que pour les objets lointains. Cette remarque peut servir de point de départ à une étude sur l'aplanétisme de l'œil. Il est clair que la cornée s'éloigne de la forme sphérique dans le sens voulu pour aplanétiser le système optique oculaire. Il faut chercher si certains yeux ne sont pas *sur-aplanétisés*, défaut qu'il serait possible de corriger optiquement, et aussi si certains yeux myopes, au lieu d'être aplanétiques pour les rayons parallèles, ne le seraient pas pour ceux émanant d'objets voisins.

D. Je suis persuadé que les verres de Raehlmann n'agissent le plus souvent que parce que le malade choisit sur ces verres un point qui se trouve corriger son astigmatisme et c'est ce qui expliquerait pourquoi M. Angelucci, qui mesurait d'abord l'astigmatisme, a trouvé que ces verres donnent si rarement des résultats utiles.]

XV

KÉRATOSCOPIE

NOUVEAU KÉRATOSCOPE

par le Dr HUBERT
et par le Dr J. M. PROUFF.

(*Revue clinique d'oculistique*, mai 1884, p. 110.)

La cornée réfléchit les images des objets, à la façon d'un miroir convexe.

La kératoscopie a pour but l'étude des images réfléchies par la cornée, afin d'en déduire les imperfections du miroir cornéen.

Cette étude, qui est si précieuse pour le praticien, est cependant trop négligée par la plupart des oculistes; c'est qu'elle est, si l'on veut, de date récente; mais peut-être aussi attend-elle, pour se vulgariser, un kératoscope très simple, peu cher, facile à manier, donnant des indications nettes, rapides et suffisamment précises pour la pratique.

Il est donc heureux que le docteur Hubert et moi, nous puissions aujourd'hui présenter au public un kératoscope qui possède les qualités requises.

Nous sommes les premiers à reconnaître, au point de vue de la précision, la supériorité de l'ophtalmomètre Javal-Schiötz : mais aussi les cliniciens n'auront nulle peine à con-

firmer que le disque de Placido et l'astigmomètre Wecker-Masselon, ni l'un ni l'autre, ne soutiennent le parallèle avec notre kératoscope.

Celui-ci consiste essentiellement dans une série de cercles concentriques, disposés et peints comme l'indique ce dessin ci-joint (1).

MANIÈRE DE S'EN SERVIR.

1° La personne qu'on examine doit être assise près de l'embrasure d'une fenêtre, le dos tourné au jour.

2° La fenêtre doit être bien éclairée par la lumière du ciel; si le kératoscope est frappé directement par les rayons du soleil, l'image kératoscopique apparait avec éclat; elle devient terne et insuffisante si vous observez dans une rue étroite, médiocrement éclairée. La lumière du gaz rend à peine visible l'image kératoscopique; la lumière électrique elle-même nous a donné des images bien imparfaites.

3° Le malade doit tenir l'autre œil caché, tandis que l'œil soumis à l'examen, regarde directement en face dans le plan horizontal. — L'observateur s'assied alors en face de lui, tenant le kératoscope à la distance de 15 centimètres de l'œil observé, de la même façon qu'on tient un ophtalmoscope Follin. Le front touchant au dos du kératoscope pour lui servir de point d'appui, l'œil regardant à travers le trou central, et la main droite tenant la manche, le tout est disposé de telle sorte que le plan de l'instrument soit perpendiculaire à la ligne visuelle de l'œil observé, qui doit fixer le trou central.

L'observateur étudie alors l'image du kératoscope, fournie par la cornée; cette image est droite et virtuelle.

INTERPRÉTATION DES IMAGES.

I. — Si les cercles tracés sur le kératoscope se réfléchissent suivant une forme circulaire, c'est qu'il n'y a pas d'astigmatisme de la cornée.

II. — Si les cercles se réfléchissent suivant une forme sensi-

(1) [J'ai dû faire tirer ce volume sans avoir reçu la planche lithographiée qui devait venir à cette place.]

blement elliptique, c'est que la cornée présente un astigmatisme régulier, corrigible par les verres cylindriques.

III. — Plus semble allongée l'ellipse de l'image et plus est considérable l'astigmatisme.

IV. — Le grand axe de l'ellipse est dans le méridien où la convexité de la cornée est minima, c'est-à-dire dans le méridien le moins myope.

V. — Le petit axe de l'ellipse est dans le méridien où la convexité de la cornée est maxima, c'est-à-dire dans le méridien le plus myope.

(Dans la pratique, on ne fait attention qu'au grand axe qui est le plus facile à voir).

Donc, au cas où vous désirez corriger l'astigmatisme par des verres cylindriques concaves, vous devez toujours placer l'axe du verre cylindrique parallèlement au grand axe de l'ellipse.

Or, la direction de ce grand axe vous est immédiatement indiquée, à quelques degrés près, grâce à la division du cercle F en secteurs de couleurs différentes ; car vous savez à l'avance à quelle annotation correspond chaque secteur.

Par exemple, le grand axe de l'ellipse (fixez de préférence l'ellipse produite par l'image du cercle blanc E) correspond à peu près au milieu du secteur rouge RA ; alors l'axe du verre cylindrique concave correcteur doit avoir à peu près la direction $30°—x$.

Deuxième exemple. — Le grand axe de l'ellipse correspond au milieu du secteur noir ND, alors vous marquez sans erreur appréciable :

$$150° — x$$

Les deux méridiens principaux étant trouvés, il s'agit de préciser le degré d'astigmatisme. — C'est bien simple et bien facile avec notre kératoscope.

Il faut pour cela employer le petit artifice suivant que nous avons été les premiers à signaler.

Supposons un astigmatisme de la cornée ayant pour formule

$$0° — 4 \text{ D.}$$

Si vous placez tout près de l'œil du malade dans les lunettes

d'essai un verre cylindrique convexe de 4 dioptries, axe horizontal : l'image kératoscopique, qui était elliptique, vous apparaîtra circulaire, vue à travers ce verre cylindrique convexe.

Si au lieu d'un verre cylindrique convexe de 4 dioptries vous placez un verre convexe cylindrique de 3 dioptries, l'image restera légèrement elliptique avec grand axe horizontal.

Mais si vous interposez un verre cylindrique convexe de 5 dioptries, l'image deviendra légèrement elliptique avec grand axe vertical.

D'où ce conseil pratique : pour déterminer le degré d'astigmatisme, interposer successivement dans la monture d'essai, tout près de l'œil du malade, une série de verres cylindriques *convexes* avec axe *parallèle* au grand axe de l'image elliptique. Le verre qui rendra circulaire cette image elliptique est le verre correcteur de l'astigmatisme.

Vous en faites immédiatement la preuve, si vous le désirez; il vous suffira d'imprimer à l'axe du verre cylindrique *convexe*, ainsi placé, une rotation de 90 degrés, pour que le malade vous accuse immédiatement une vue nette pour la lecture.

DEGRÉ DE PRÉCISION DE NOTRE KÉRATOSCOPE.

Tout le monde admettra sans peine que 1 dioptrie d'astigmatisme donne d'un cercle une image sensiblement elliptique, en revanche, il faut un certain degré de dilettantisme pour apprécier que l'image paraît elliptique déjà avec 0,50.

Le petit subterfuge suivant permet cependant de préciser un astigmatisme de 0,50.

Placez un verre cylindrique convexe de 0,50 dans les lunettes d'essai devant un œil parfaitement emmétrope, l'image deviendra de la sorte si faiblement elliptique que vous ne pourrez guère la différencier d'une image circulaire.

Mais au cas où l'œil examiné présente seulement un astigmatisme de 0 degré — 0,50, par exemple, alors, au moment où le verre cylindrique convexe de 0,50 (que vous faites tourner) aura son grand axe situé suivant la verticale, l'image des cercles deviendra sensiblement elliptique.

L'interposition de verres cylindriques faibles d'une demi-

dioptrie ou d'un quart de dioptrie, peut donc nous révéler la présence d'un astigmatisme de 0,50.

Et de même, l'erreur que l'on fait en déterminant objectivement l'astigmatisme par le procédé signalé plus haut, cette erreur peut facilement être réduite une demi-dioptrie.

ASTIGMATISME PLUS OU MOINS IRRÉGULIER.

Le même procédé nous aidera à corriger en partie les astigmatismes plus ou moins irréguliers: on arrive très vite à déterminer le verre cylindrique qui rapproche le plus de la forme circulaire les images irrégulières du kératoscope : c'est ce même verre qui améliore le plus la vision, si vous lui imprimez une rotation de 90 degrés.

C'est surtout dans ces cas que la kérastocopie peut rendre des services surprenants, inespérés.

ASTIGMATISME CRISTALLINIEN.

Faites la différence de l'astigmatisme total accusé par le malade et de l'astigmatisme cornéen, vous obtenez l'astigmatisme cristallinien.

AUTRES APPLICATIONS VARIÉES DU KÉRATOSCOPE.

Certaines facettes insignifiantes, à peine visibles, même à l'éclairage oblique, produisent un astigmatisme irrégulier considérable; et si elles sont placées en face de la prunelle, diminuent beaucoup la vision. Le kérastocope, par les irrégularités des images, donne pour ces cas un renseignement immédiat et précis, qui sera particulièrement utile aux médecins de l'armée : c'est à la fois un moyen excellent de démasquer les stimulateurs.

2° Des desquamations insignifiantes, des érosions superficielles de l'épithélium cornéen sont immédiatement révélées par une diffusion dans les images. Pour les kératites miliaires, le diagnostic est rendu manifeste;

3° Dans les kératites parenchymateuses, le kératoscope permet

par suite de l'aspect terne de l'image dans certains secteurs de la cornée, de prévoir à l'avance les secteurs qui vont être envahis dans quelques jours, alors que ces secteurs paraissent encore transparents : la stase de la lymphe obscurcit l'image, bien avant que l'épithélium soit chagriné. Ces détails ont un intérêt particulier au point de vue de la genèse de l'image kératoscopique, qui, pour avoir tout son éclat, a besoin du concours des diverses couches de la cornée.

IRIDECTOMIE OPTIQUE.

Pour l'emplacement de la pupille artificielle, le kératoscope fournit des renseignements supérieurs à tous les autres moyens; car il indique le secteur de la cornée qui donne les images les plus nettes.

STAPHYLOMES PARTIELS RÉVÉLÉS SEULEMENT PAR LE KÉRATOSCOPE.

Pour les affaisser au degré le meilleur pour la vision, les pointes de feu intelligemment placés peuvent être très efficaces: la kérastocopie donnera sur ce sujet des indications précieuses, et bien que nous n'ayons pas encore des observations à citer, n'est-il pas utile de prédire ce petit perfectionnement? Ici, chaque cas particulier nécessitera une étude spéciale et un *modus faciendi*, adapté aux exigences du cas particulier.

Cette énumération rapide, et sans doute incomplète encore, suffit à faire ressortir les avantages de la kératoscopie.

Qu'on nous permette en terminant d'affirmer que notre kératoscope est d'un maniement facile : car, à chaque instant, que vous le rapprochiez ou l'éloignez de l'œil malade, afin d'explorer différentes étendues de la cornée, vous êtes averti par l'image elle-même, si vous tenez l'instrument suivant les règles.

Si peu que le plan du kératoscope s'incline sur l'axe visuel, vous remarquez que le point noir central de l'image kératoscopique devient excentrique; de la sorte, vous redressez instinctivement le plan de l'instrument de façon à le rendre perpendiculaire à l'axe visuel. Un apprentissage de quelques jours donne une habileté et une précision suffisantes; l'expérience de plusieurs médecins nous l'a déjà confirmé.

XVI

OPHTHAMOMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN

UBER CORNEALASTIGMATISMUS

Mit dem Ophthalmometer von Javal und Schiötz,

ausgeführt in der Universitäts-Augenklinik zu Königsberg.

Von Dr. PFALZ,

z. Z. Assistenzarzt an der Cölner Augenheilanstalt für Arme.

(*Graefe's Arch. f. Ophthalmologie, 1885, t. XXXI, 1, p. 201-228.*)

Auf die praktischen Vortheile, welche die ophtalmometrische Bestimmung der Hornhautkrümmung, speciell mit dem Ophthalmometer von Javal und Schiötz, für die Untersuchung von Astigmatismus vor anderen Methoden voraus hat, ist bereits an einer früheren Stelle dieses Archivs (1) zur Genüge hingewiesen, und haben die Erfahrungen, welche an der Königsberger Klinik mit dem Instrument gemacht sind, das dort Gesagte durchaus bestätigt. Durch dasselbe ist es ermöglicht, eine grössere Anzahl von astigmatischen Augen ophthalmometrisch zu messen und in Bezug auf die Betheiligung des Cornealastigmatismus am Allgemeinastigmatismus eine genauere und umfassendere Sta-

(1) Laqueur : Ueber die Hornhautkrümmung im normalen Zustande und unter pathologischen Verhältnissen. Bd. XXX. I, pg. 99. [Plus haut, p. 133].

tistik zu gewinnen, als es bei den andern Methoden möglich ist.

Die Untersuchungen, deren Resultate im Folgenden dargelegt sind, erstrecken sich auf 281 Augen mit Corneal asymmetrie und zwar 224 Augen mit angeborenem As und 57, bei denen neben As noch Cataract oder Glaucom bestand. Als angeboren habe ich alle diejenigen Fälle von Cornealastigmatismus aufgefasst, bei denen ein Zusammenhang mit Verletzungen, traumatischen oder operativen Ursprungs, oder mit Hornhauterkrankungen nicht nachweisbar war.

Dass ich auch die Befunde an astigmatischen Augen Cataractöser und Glaucomatöser mit denen sonst normaler Augen in denselben statistischen Rubriken, wenn auch in besonderen Columnen, zusammengestellt habe, geschah einmal des Vergleichs wegen, dann aber ging ich auch, wenigstens in Bezug auf cataractöse Augen, dabei von der Erwägung aus, dass bis jetzt keine Beobachtungen für einen Zuzammenhang zwischen der Erkrankung und der Cornealasymmetrie sprechen, man die letztere daher auch als angeboren auffassen müsse. Bei cataractösen Augen sprechen auch theoretische Erwägungen kaum für etwas Anderes als ein zufälliges Zusammentreffen, anders aber ist dies bei an Glaucom erkrankten Augen.

Bekanntlich nahm Helmholtz (1) eine Veränderung in der Cornealkrümmung in Gestalt einer allgemeinen Abflachung als Folge des gesteigerten intraocularen Drucks an und glaubte Graefe (2), der diese Anschauung für das Glaucom adoptirte, daraus die Presbyopie im Gefolge dieser Erkrankung erklären zu konnen. Die bisherigen Messungen des Cornealradius haben nun die Helmholtz'sche Annahme für das Glaucom nicht bestätigt, insofern als die bei Glaucom gefundenen Cornealradien in Bezug auf ihre Grösse keine nennenswerthen Abweichungen von der Norm zeigten. Auch in den von mir untersuchten Fällen war dies nicht der Fall, wie aus der am Ende dieser Arbeit gegebenen Zusammenstellung über Befunde an glaucomatösen Augen zu ersehen. Vielleicht aber lehrt ein vergleichender Blick auf die nun folgenden Tabellen über den

(1) Arch. f. Ophth. Bd. I. 2 p. 47.
(2) Arch. f. O. Bd. III. 2, p. 466 u. Bd. IV. 2, p. 140.

an normalen und an glaucomatosen Augen beobachteten Astigmatismus, dass Graefe doch nicht so Unrecht hatte, als er eine Einwirkung des gesteigerten intraocularen Drucks auf die Form der Cornea annahm. Ich werde daher am Schlusse noch einmal kurz auf diesen Punkt zurückkommen.

In Bezug auf die nun folgenden Tabellen schicke ich voraus, dass in sämmtlichen einerseits die Allgemeinrefraktion des Auges berücksichtigt ist, indem ich die Donders'sche Eintheilung in hypermetropischen, myopischen und gemischten Astigmatismus dabei festgehalten habe, andererseits, wie schon bemerkt, Cataracten und Glaucome in besonderen Columnen aufgeführt sind, so dass die im Allgemeinen aufgestellten statistischen Zahlen leicht nach den besonderen Gesichtspunkten modificirt werden können.

1. Häufigkeit des Astigmatismus nach Geschlecht und Alter.

TABELLE I

Anzahl der astigm. Personen.		Anzahl der astigmatischen Augen					
		As. myop.	As. hyperm.	As. mixt.	As. bei Catar.	As. bei Glaucom.	Summa.
Männer	82	60	48	11	6	14	139
Frauen	86	49	40	10	22	14	135

Wir finden hier keinen nennenswerthen Unterschied in der Anzahl der männlichen und weiblichen Astigmatiker. Donders glaubte ein häufigeres Vorkommen des As. bei Männern annehmen zu dürfen und bestätigten dies beispielsweise die Untersuchungen von Snellen (1), der unter 278 Personen denen er Cylindergläser verordnet hatte 87 Frauen und 191 Manner fand. Hulke (2) dagegen verzeichnete in seiner Statistik unter 188 Astigmatikern 98 Manner, 90 Frauen, ein Verhältniss, das sich mehr dem meinem nähert. Ich glaube daher,

(1) Arch. f. Oph. XV, 2. p. 265.
(2) Ophthalmic hosp. reports, Vol. VIII, p. 146.

dass der Zufall oft zu sehr mitspielen wird, als dass sich aus den mitgetheilten Zahlen eine Regel aufstellen liesse.

In Bezug auf das Alter ergiebt sich nach Abzug der hierbei auszuschliessenden Cataracten und Glaucome für 129 Astigmatiker folgendes Verhaltniss:

Es standen im Alter von:

5—10	Jahren	7	Personen
10—20	»	56	»
50—30	»	41	»
30—40	»	14	»
40—50	»	9	»
50—60	»	1	»
Ueber 60	»	1	»

Das Ueberwiegen der jugendlichen Astigmatiker im Alter von 10—30 Jahren dürfte darauf zurückzuführen sein, dass in diesen Jahren mit der Steigerung der an die Augen und ein deutliches Sehen gestellten Anforderungen auch die Sehstorung, welche der As. bedingt, mehr zum Bewusstsein kommt.

Leute, die über dieses Alter hinaus mit ihrem uncorrigirten As auskommen, bedürfen bei ihrer Beschäftigung entweder keines scharfen Sehens oder der As. ist so gering, dass sie ihn noch durch die Acccommodation corrigiren können (1) und erst relativ spät, wenn die Accommodation nachlässt, machen sich die durch den As. bedingten Störungen bemerkbar.

2. Grad, Meridianlage und Symmetrie des Astigmatismus.

Die zur Beobachtung gekommenen Grade des Corneal-astigmatismus schwanken zwischen 0.75 und 6.5 D. Donders lässt bekanntlich noch einen As. bis 1/40 (was etwa 1 D entspricht) als normal gelten. Ich habe jedoch allerdings nur zwei Fälle gefunden, in denen bei einem Cornalastigmatimus von 0.75 D durch Cylindergl. von 0.5 D in einem, von 1 D im andern die Sehschärfe von 20/50 resp. 20/30 auf $>$ 1/2 resp. auf 1 gestei-

(1) Cf. Abschnitt 3.

gert wurde, glaubte daher auch diesen geringen Grad noch als Refraktionsfehler ansehen zu müssen.

TABELLE II

	Grad des Astigmatismus.				
	0,75—1 D.	1,5—2 D.	2,5—4 D.	4.5—6.5 D.	Summa.
As. myop.	17	58	46	7	118
As. hyperm.	10	33	33	8	84
As. mixt.	0	4	12	6	22
Cataract	9	11	7	1	28
Glaucom	7	9	9	4	29
	43	105	107	26	281

Bemerkenswerth ist zunächst, dass für die geringeren Grade das Procentverhältniss in den einzelnen Arten des Astigmatismus vom As. myop. zum As. mixt. abnimmt, für die höhern zunimmt, denn es verhält sich in Procenten

			Asm : Ash : As. mixt.
für die Grade von	0.75 — 1 D	= 1.46 : 1.16 :	0.—
» » » »	1.5 — 2 D	= 4.14 : 3.83 :	1,81
» » » »	2.5 — 4 D	= 3.79 : 4.3 :	5,45
» » » »	4.5 — 6.5 D	= 6 : 9.3 :	30.—

Ueberhaupt zeichnet sich unter den excessiven Graden von As — wozu ich alle über 4 D rechne — der As. mixt. mit dem grössten Procentverhältniss aus, insofern, als unter den Fällen mit As. mixt. 30 0/0 excessiver Grade sind, während bei As. hyperm. nur 9.3 0/0, bei As. m. nur 6 0/0 sich befinden.

Alle zu letzteren beiden Kategorien gehörigen Fälle hatten mit nur 2 Ausnahmen das Gemeinsame, dass die Refraktion des einen Meridians emmetropisch war. Der eine der beiden Ausnahmefälle mit zusammengesetztem myopischem Astigmatismus zeigte bei einem Cornealastigmatismus von 4.5 D noch

asymmetrie ist, desto seltener und in desto geringerem Grade weicht der sonstige Gesammtbau des Auges von emmetropischen ab.

Hervorheben möchte ich ferner an dieser Stelle schon, dass die Glaucome nächst dem As. mixt. das höchste Procentverhältniss excessiver As.-Grade, 13.8 Procent zeigen.

TABELLE III

	Lage des Meridians starkster Krümmung.							
	Weicht ab vom vertikalen Meridian um				Weicht ab vom horizontalen M. um.			
	0°	5—15°	16—40°	45°	0°	5—15°	16—40°	
As. Myop...	51	52	11	2	0	2	0	118
As. Hyperm.	35	35	13	0	0	1	0	84
As. mixt...	7	10	2	1	0	0	2	22
Cataract...	10	11	6	0	0	1	0	28
Glaucom...	8	3	1	1	10	4	2	29
	111	111	33	4	11	7	4	281

Aus der Tabelle ergiebt sich für die Lage der Hauptmeridiane folgendes Procentverhältniss:

Der Meridian stärkster Krümmung war vertical resp. wich von der verticalen, um weniger als 45° ab in 91,1 0/0, lag in einer Diagonale in 1 0/0, war horizontal, resp. wich von der Horizontalen um weniger als 45° ab in 7.9 0/0.

Da von letzteren jedoch 5.7 0/0 auf glaucomatöse Augen fallen, so bleibt für normale Augen nur der geringe Procentsatz von 2.2 0/0 übrig, woraus sich ergiebt, was auch schon Norderson (1) aus seinen ophthalmometrischen Messungen gefunden, dass der Cornealastigmatismus noch ungleich viel seltener von der Regel abweicht, nach der der verticale resp. ein demselben nahe liegender Meridian der stärkst brechende ist, als es bis-

(1) Recherches ophtalmométriques sur l'astigmatisme de la cornée chez des écoliers de 7 à 20 ans. Annales d'ocul. t. 89, p. 110 [ci-dessus, p. 111.]

her schon für den Gesammtastigmatismus des Auges angenommen wurde.

Gehen wir genauer auf die Meridianlage ein, so finden wir, dass sie in einer etwas grössern Anzahl von Fällen (57 0/0) eine mehr weniger geneigte ist, als sie mit den geraden Meridianen zusammenfällt (43 0/0). Allerdings ist in der grossen Mehrzahl der ersteren (42 0/0 von den 57) der Neigungswinkel nur ein kleiner, zwischen 5 und 15° betragender. Da geringe Neigungen bis zu 10° für die Stellung der Axe des zu wählenden Cylinders bei den meisten Astigmatikern nicht in Betracht kommen, weil sie keine scharfe Empfindung für so geringe Abweichungen haben, so werden dieselben bei einfach optometrischer Prüfung wohl meistens übersehen werden. Doch zeigen diese Fälle ebenso wie die mit stärkerer Neigung fast regelmässig einen eigenthümlichen Befund in der Begrenzung der Papille und im Gefässverlauf auf derselben, aus welchem allein man oft schon auf den Grad der Neigung schliessen kann Berait Thomson (1) hat auf eine gewisse Beziehung zwischen Astigmatismus und dem sogenannten Staphyloma posticum hingewiesen und neuerdings haben Fuchs (2) und Szili (3) ein fast regelmässiges Zusammentreffen von Conus nach unten und Astigmatismus mit meist etwas geneigten Meridianen beobachtet. Da mein College Dr. Vossius (4) über diesen Befund eine grössere Reihe von Beobachtungen gesammelt hat, so beschränke ich mich unter Hinweis auf dessen Arbeit auf die gemachten Andeutungen.

Tabelle IV.

Verhältniss beider Augen zu einander in Bezug auf Meridianlage und Grad des Astigmatismus.

(In der Tabelle geben die Zahlen die Anzahl der astigmati-

(1) On the connection between Staphyloma posticum and Astigmatism. Americ. Journ. of. med. siences No. 70, p. 383-397. refer. in Nagels Jahresb. 1875 p. 478.

(2) Beitrag zu den angeborenen Anomalien des Sehnerven, Arch. f. Ophth. XXVIII. 1. p. 139.

(3) Der Conus nach unten. Centralbl. f. A. 1883, p. 358.

(4) Beitrag zur Lehre von den angeborenen Conis. Kl. Monatsbl. f. A. 1885. März.

schen Personen an. Ob bei denselben der Astigmatismus, falls bilateral, symmetrisch oder asymmetrisch in Bezug auf die Meridianlage ist, zeigen die Bezeichnungen s und as über den Columnen an.)

	Astigmatismus bilateralis.										Astigmatism. unilateralis.	Summa.
	As. Grad beiderseits gleich.		As. beid. Aug. differirt um.									
			0.5-1 D.		1.5-2 D.		2.5-3 D.		3.5-5.5 D.			
	s.	as.	s.	as.	s.	as.	s.	as.	s.	as.		
As. myop.....	12	1	17	9	5	7	0	1	0	0	5	57
As. hyperm....	6	4	10	7	7	0	0	2	0	0	6	42
As. mixt.....	1	0	2	2	0	1	0	0	0	0	2	8
Cataract....	3	0	2	2	2	1	1	0	0	0	1	12
Glaucom.....	1	2	0	2	2	2	0	0	0	1	4	14
	23	7	31	22	16	11	1	3	0	1	18	133

Unter den in dieser Tabelle in Betracht gezogenen Astigmatikern findet sich nur eine geringe Anzahl, 17.4 0/0, bei denen beide Augen ganz symmetrisch sind. Die Meisten zeigen differirende Augen, indem entweder der As nur einseitig ist (1), in 13.6 0/0, oder in Bezug auf Grad und Meridianlage von dem des andern Auges abweicht. In Bezug auf die Meridianlage ist jedoch im Allgemeinen die Differenz weniger häufig, als auf den Grad, denn während die Astigmatiker letzterer Kategorie, exclusive der einseitig Astigmatischen — die eigentlich noch dazu gehören — 69.17 0/0 ausmachen, ist der Procentsatz derjenigen mit asymmetrischen Meridianen nur 30.7 0/0.

Zugleich lehrt ein Blick auf die Tabelle, dass, je grösser die Asymmetrie beider Augen in Bezug auf den Grad ist, desto zahlreicher die Fälle mit asymmetrischer Meridianlage werden.

(1) D. h. der As beträgt auf dem einen Auge weniger als 0,75 d, wird daher, weil nicht pathologisch, auch nicht in Betracht gezogen.

3. Verhältniss des Cornealastigmatismus zum Allgemeinastigmatismus.

In Bezug auf die Meridianlage kann man gewöhnlich ohne Bedenken das für den Asc gefundene Resultat als geltend für den Aso annehmen und direct für die Axenstellung des zu wählenden Cylinderglases benutzen. Sehe ich von den Fällen ab, in denen bei Aso der stärkst brechende Meridian um 90° von dem bei Asc gefundenen abweicht, so dass die Hauptmeridiane gewissermaassen nur ihre Rollen getauscht haben, während die Lage beider als Ganzes aufgefasst dieselbe geblieben ist, so habe ich nie eine bemerkenswerthe Differenz zwischen den Meridianlagen von As c und As o gefunden. Kleine Abweichungen zwischen 5° und 10° kommen wohl vor, allein bei wiederholter Controlluntersuchung konnte ich mich überzeugen, dass die meisten Astigmatiker für so geringe Unterschiede keine ganz sichere Empfindung haben, denn oft wich bei der zweiten Untersuchung die Axe des gefundenen Cylinders um soviel nach rechts ab, wie bei der ersten nach links. Da zwei Drittel aller Fälle mit Javal's neuem Optometer (1) untersucht wurden, an welchem eine Schraube dem Patienten gestattet, sich selbst die passende Axenstellung auszusuchen, während ein Zeiger mit Index den Grad angiebt, so konnte die optometrische Bestimmung nach dieser Richtung sehr genau ausgeführt werden, und wohl in den meisten Fällen, besonders bei etwas intelligenten Personen, wies der Zeiger auf den schon opthalmometrisch bestimmten Grad oder schwankte zwischen Stellungen, die um 5° bald nach der einen, bald nach der andern Seite davon abwichen.

Nur 2 Fälle sind vorgekommen, in denen die betreffenden Astigmatiker, intelligente Personen, ganz sicher, auch bei Wiederholungen, eine Axenstellung wählten, die um 10° abwich von der ophthalmometrisch gefundenen, wo eine Einstellung der Cylinderaxe auf letztere eine kleine Verschlechterung der Sehschärfe hervorbrachte. Differenzen, wie Donders (2) sie in seiner Zusammenstellung 15 astigmatischer Augen anführt, wo

(1) Beschrieben in Annales d'oculistique 1883. T. 90, p. 109.
(2) Anomalieen der Refraktion und Accommodation, p. 416 u. 417.

dieselben bei 6 Augen zwischen 21° und 60° betragen, habe ich nie beobachtet.

TABELLE V

Verhältniss zwischen Asc und Aso bei den verschieden Arten von As.

Art des As.	Aso gleich Asc.	Aso grosser um 0.5 D.	Aso kleiner Als Asc um 0.5	1	1.5	2	2.5	3	Summa.
Asm. simpl. . . .	15	1	6	4	1	0	0	0	27
Asm. comp. . . .	42	2	10	3	3	2	0	0	62
Ash. simpl.	14	1	9	14	10	0	2	1	51
Ash. comp.	10	0	4	3	1	0	1	0	19
As. mixt.	9	1	6	6	2	0	0	0	24
	90	5	35	30	17	2	3	1	183

TABELLE VI

Verhältniss zwischen Asc und Aso bei den verschiedenen Arten von Asc.

Grade von Asc.	Aso gleich Asc.	Aso grösser um 0.5 D.	Aso kleiner als Asc um 0,5	1	1.5	2	2.5	3	Summa.
0,75— 1 D. . . .	8	8	1	11	0	0	0	0	20
1,5 — 2 D. . . .	30	30	11	4	10	2	0	0	59
2,5 — 4 D. . . .	47	47	20	12	4	0	0	0	85
4,5 —6,5 D. . . .	5	5	3	3	3	0	1	1	19
	90	5	35	35	17	2	1	1	183

Etwas anders stellt sich der Vergleich von Asc und Aso in Bezug auf den Grad des As, wie die beiden Tabellen V und VI lehren. Ich bemerke zu denselben, dass bis auf 5 Fälle, wo wegen Accommodationskrampf eine Atropinkur eingeleitet war,

die optometrischen Befunde an nicht atropinisirten Augen aufgenommen wurden.

Zunächst zeigt sich, dass Asc und Aso nur in der Hälfte der Fälle übereinstimmen. Bei den übrigen zeigen sich Differenzen, die zwar bei den meisten 1 D nicht übersteigen, in einzelnen Fällen aber bis 2.5 D, einmal 3 D betragen. Diese Differenzen sind derart, dass in 5 Fällen. Aso um 0.5 D höher ist, in allen übrigen niedriger. Knapp (1) und Donders (2) nahmen für die Differenz, die sich zwischen dem ophthalmometrisch bestimmten und dem optometrisch gefundenen As fand, als Ursache einen selbständigen, im Baue der Linse beruhenden Linsenastigmatismus an, der nach Donders in der Regel entgegengesetzt, nach Knapp häufiger dem Asc gleichnamig sein sollte.

Letztere Annahme würde für die obigen 5 Fälle mit grösserem Aso zutreffen; für diese ist sie auch die plausibelste, wenn man den Cornealastigmatismus als Theilerscheinung einer allgemeinen Asymmetrie des Auges auffasst, wie sie sich, besonders bei starken Graden von As, schon in der äussern Form des Bulbus ausspricht.

Praktisch kommt nun diese Art des Linsenastigmatismus kaum in Betracht, da derselbe erstens bei nicht atropinisirten Augen äusserst selten gefunden wird, ferner aber, auch bei atropinisirten Augen, der Grad desselben im Vergleich zum Cornealastigmatismus sehr gering ist. Nur zweimal wurde von mir ein Grad von 1 D gefunden (3) — es handelte sich in beiden Fällen um hochgradigen Ash unter der Einwirkung von Atropin —, Javal (4) hat einen Asl bis zu 2 D beobachtet. Da ausserdem dieser Asl sofort nach Aussetzen des Atropins stets bis auf einen geringen Rest wieder verschwindet, so kann er bei der Cylinderbestimmung nicht in Rechnung gezogen werden.

Praktisch viel wichtiger dagegen ist der Linsenastigmatismus, welcher theilweise oder ganz compensirend auf den Cornealastigmatismus wirkt, ja letzteren sogar übercorrigiren und umkehrend auf den Meridian stärkster Brechung im ganzen

(1) Ueber die Asymmetrie des Auges in seinen Meridianebenen Arch. f. Ophh. Bd. VIII. 2 p. 216.
(2) *L. c.*
(3) Als Asl ist die Differenz von Aso—Asc aufgefasst.
(4) Contribution à l'ophthalmométrie. Annal. d'ocul. 1882. T. 87. p. 218.

Auge wirken kann. In Bezug auf ihn dürfte die erwähnte Knapp-Donder'sche Anschauung zu Gunsten der von Giraud-Teulon schon früher ausgesprochenen, aber von Dobrowolski (1) zuerst durch eigene Beobachtungen und Experimente gestützten Ansicht verlassen sein, nach welcher der dem Cornealastigmatismus entgegengesetzte Asl auf einer partiellen resp. asymmetrischen Contraction des Ciliarmuskels beruht, unter gewissen Bedingungen spontan erzeugt, durch Atropin beseitigt werden kann. Beobachtungen und Untersuchungen wie die von Woinow (2), Thomson (3), Gradle (4), Landesberg (5), Unterharnscheit (6), Javal u. a. (7) mitgetheilten haben ein so zahlreiches und beweiskräftiges Material beigebracht, dass die Frage, ob es eine astigmatische Accommodion giebt, als in positiver Weise beantwortet zu betrachten ist, während zugleich nachgewiesen wurde, dass dieselbe als die Ursache anzusehen ist, aus welcher der Aso gewöhnlich geringer gefunden wird als der Asc.

Aus dem Gesagten erhellen aber auch die praktischen Vortheile der Ophthalmometrie, oder, in Ermangelung der Apparate, auch schon der Keratoscopie, für die Diagnose des latenten Astigmatismus, insofern sie uns das Auskunftsmittel überflüssig machen, welches Dobrowolski (8) vorschlägt, indem er sagt, dass « bei Bestimmung des Astigmatismus das Atropin ein ebenso nothwendiges Mittel ausmachen muss, wie die stenopäische Spalte und andere zu diesem Zwecke erfundene Instrumente ».

Gehen wir nach diesen Betrachtungen noch kurz auf die Zahlen in Tabelle V und VI ein, so können wir auch in ihnen einen weitern Beleg für das Gesagte erblicken.

(1) Ueber verschiedene Veränderungen des Astigmatismus unter dem Einflusse der Accommodation. Arch. f. Ophth. XIV. 3. p. 51—105.
(2) Zur Frage über die Accommodation. A. f. O. XV. 2. p. 167—172.
(3) Transact. Amer. ophth. Soc. 1875. p. 310—318.
(4) Action of the ciliary muscle in astigmatism. Amer. Journ. of med. scienc. p. 109. (Nagel's Jahresb. 1879.)
(5) Auftreten von regelmässigem Astigmatimus bei gewissen Refraktions und Accommodationsanomalien. A. f. O. XXVII. 2.
(6) Ueber incomplete Oculomotoriuslähmung und accommodativen Linsenastigmatismus. Klin. Monatsbl. Febr. 1882.
(7) *L. c.*
(8) *L. c.*

In Tabelle V finden wir den höchsten Procentsatz von durch astigmatischen Accommodationsspasmus verringertem Aso beim einfachen Ash, 70.6 0/0, den geringsten beim zusammengesetztem Asm 29 0/0.

Der myopische Astigmatiker würde sich durch astigmatische Accommodation im schwach myopischen Meridian nur noch myopischer machen, seine Sehschärfe also nur verschlechtern, es besteht daher kein Impuls zur astigmatischen Accommodation, vorausgesetzt, dass nicht durch sphärisch-concave Brillen ein solcher gesetzt wird. Das Umgekehrte ist aber beim hypermetropischen Astigmatiker der Fall.

Zugleich lehrt Tabelle VI, warum die geringen Grade des As von 0.75—1.5 D gewöhnlich der optometrischen Untersuchungsmethode entgehen, weil ihr As grösstentheils oder ganz spontan corrigirt ist.

Und doch bilden sie oft, worauf auch Javal hinweist, den Hauptgrund für asthenopische Beschwerden beim Arbeiten in der Nähe, wo nun noch die hierzu erforderliche Accommodation sich zu der astigmatischen hinzugesellt.

Ist der Grad des As auf beiden Augen ungleich, so kann durch starken astigmatischen Accommodationsspasmus der Aso des Auges mit der geringeren Cornealasymmetrie umgekehrt werden, wie folgender Fall lehrt:

Einjähr. Freiwill. H. hat nach der optometrischen Bestimmung beiderseits As, der links corrigirt wird durch cyl. + 1 D Axe vertical, rechts durch cyl. — 1 D Axe vertical. Es bestände demnach links ein von der Regel insofern abweichender myopischer As, als der stärkst brechende Meridian horizontal liegt. Das Ophthalmometer dagegen zeigt:

links Asc = 3.5 D,
rechts Asc = 1.5 D,

der stärkst brechende Meridian beiderseits vertical liegend. Es muss daher als Ursache für den eigenthümlichen optometrischen Befund, der sich übrigens bei Controllversuchen nicht änderte, ein spastischer, beiderseits gleicher Linsenastigmatismus von 2.5 D angenommen werden, welcher, weil dem Asc entgegengesetzt, letzteren links bis auf den Rest von 1 D corri-

girte, während dadurch rechts ein perverser myopischer As erzeugt wurde. Leider konnte durch Atropin nicht die Probe auf das Exempel gemacht werden, da H. in Dienst musste, aber in anderen wenn auch nicht so characteristischen Fällen, konnte eine ähnliche Wirkung der Asl nachgewiesen werden.

Im Allgemeinen ist ein so hoher Grad von astigmatischem Accommodationsspasmus selten. Unter 183 Fällen sind nur 17 mit 1.5 D, nur 6 mit 2—3 D latenten Astigmatismus verzeichnet. Natürlich können hierher nur solche Fälle gerechnet werden, deren astigmatische Accommodation sich unter einem stärkeren, mehr der Cornealasymmetrie entsprechenden Cylinder nicht löst, die durch solche Cylinder also schlechter sahen, ähnlich wie Hypermetropen mit starker latenter Hypermetropie ja auch durch stärkere, mehr ihrer Refraktion entsprechende Convexgläser schlechter sehen. Die sehr häufigen Fälle, in denen der Asc durch eine einfache Accommodationsanstrengung corrigirt wurde, welche aber unter dem entsprechenden Cylinderglase wieder verschwand, sind daher gar nicht berücksichtigt.

4. Astigmatismus bei Glaucomatösen.

Bei einer vergleichenden Betrachtung der Tabellen II—IV allen manche Eigenthümlichkeiten des Astigmatismus bei Glaucomen auf, welche die Frage nahe legen, ob die bei diesem Leiden oft gefundene Cornealasymmetrie nicht in irgend einem Zusammenhange mit demselben stehe. Bei Besprechung von Tabelle II ist bereits auf den verhältnissmässig grossen Procentsatz an hohen und excessiven Graden von As aufmerksam gemacht, der bei Glaucomen gefunden wird. In Tabelle IV zeigen die Glaucome den höchsten Procentsatz von As unilateralis, symmetrischer As findet sich unter 14 Fällen nur einmal. Am bemerkenswerthesten ist jedoch Tabelle III. Während von allen übrigen astigmatischen Augen incl. Cataracten nur 2.2 0/0 von der Regel insofern abweichen, als der Meridian stärkster Krümmung in die Nähe der Horizontalen fällt — mit ihr zusammen fällt er übrigens in diesen Fällen nie, — finden wir unter den

29 Glaucomen 16, also 55.2 0/0, mit dieser seltenen Astigmatismusform, ein Umstand der nicht bloss auf Zufall beruhen kann, selbst wenn diese 16 Fälle in Bezug auf Form resp. Stadium der Erkrankung nichts sie von den übrigen Unterscheidendes hätten. Dies ist aber, wie schon ein Blick auf die folgende Tabelle lehrt, meistens der Fall.

In dieser Uebersicht über sämmtliche von mir ophthalmometrisch untersuchten Glaucome — es befiden sich darin auch 10 mit normalen Cornealverhältnissen, in Summa also 39 — habe ich, soweit es anging, des Vergleiches wegen auch die Cornealmaasse des zweiten Auges angeführt, selbst wenn dieses normal war. Da, wo der As. normal, d. h. kleiner als 0.75 d war, ist der Grad nicht weiter berücksichtigt, As vielmehr = 0 angegeben und nur der Cornealradius des verticalen Meridians angeführt.

Wegen Mitberücksichtigung des zweiten Auges konnte die Anordnung nur nach Personen geschehen, es sind deshalb in Abschnitt B resp. C Fälle mitverzeichnet, die eigentlich unter A resp. B gehörten; es ist daher bei ihnen in der letzten Rubrik (Bemerkungen) ein A resp. B zugefügt.

Die unter A und B verzeichneten Augen zeigen in Bezug auf die Form der Erkrankung insofern Aehnlichkeit als es sich bei der Mehrzahl um einen reizlosen Verlauf des Processes handelt, und als die Schschärfe durch-schnittlich noch eine recht gute ist.

Bei allen Augen unter A bis auf eines haben wir es mit der als Glaucoma simplex bekannten reizlosen Form zu thun, und in dem einen Ausnahmefall handelt es um den ersten, mässigen, durch Eserin sofort coupirten Anfall. Die Sehschärfe ist oft noch fast normal, nur einmal = 20/50.

TABLEAU VII

Nummer.	Name.	Alter.	Auge.	Meridian. max. refract.	Radius im Merid. max. r.	Radius im Mer. min. r.	Grad des As.	Bemerkungen.
				A. — Glaucome ohne Cornealastigmatismus.				
1.	Lehrer Z.	61 J.	O. s.	—	8	—	0	Glaucoma simplex. Seit 2 Jahren Obscurationen bemerkt. Reizloser Verlauf. S = 20/50.
	»	»	O. d.	—	8	—	0	Normal.
2.	Herr A. S.	61 J.	O. s.	—	8	—	0	Glaucoma chronicum incipiens. Zuweilen Obscurationen und Regenbogenfarbenschen. S < 1.
3.	»	»	O. d.	—	8,085	—	0	Glaucoma simpl. Reizloser Verlauf. S < 20/30.
4.	Frl. H. H.	60 J.	O. d.	—	7,585	—	0	Glaucoma simplex.
5.	Arbeiter A. P.	43 J.	O. d.	—	7,915	—	0	Glaucoma simplex. Seit 1/2 Jahr allmäliger Verfall des Visus ohne Reiterscheinungen. S < 20/40
6.	Frau A. S.	64 J.	O. d.	—	7,45	—	0	Glaucoma simplex. Seit einem halben Jahre zeitweil Obscurationen Reizloser Verlauf. S > 20/40.
7.	»	»	O. s.	—	7,05	—	0	Glaucoma simpl. Reizloser Verlauf. S < 1.
8.	Herr Fr. Sch.	51 J.	O. d.	—	7,415	—	0	Glaucoma simpl. Reizloser Verlauf. S = 20/40.
				B. — Glaucome mit der gewöhnlichen Form von As. corn.				
9.	Frl. M. B.	21 J.	O. d.	90°	7,67	8,25	3,5 D.	Glaucoma simpl. Seit 9 Jahren allmäliger Verfall der Sehschärfe bis auf S = 20/200. Reizloser Verlauf.
10.	»	»	O. s.	90°	7,835	8	1 D.	Normal.
11.	Frau Z.	82 J.	O. s.	120°	8	8,17	1 D.	Glaucoma simplex. Allmaliger, reizloser Verfall von S bis auf S = 20/100.

Nummer.	Name.	Alter.	Auge.	Meridian max. refract.	Radius im Merid. max. r.	Radius im Mer. min. r.	Grad des As.	Bemerkungen
11.	Frau Z	82 J.	O. d.	90°	7,835	8	1 D.	Glaucoma fere absolutum. Allmaliger, reizloser Verfall von S bis auf Lichtunterscheidungsvermogen ohne Projektion.
12.	Frau E. P.	59 J.	O. s.	135°	8	7 5	3 D.	Glaucoma acutum. Prodrome seit mehreren Jahren. Anfall seit 5 Tagen, sehr stark. Wird durch Eserin nicht coupirt. S = Finger auf 4'.
13.	»	»	O. d.	—	8	—	0	A. Glaucoma acutum. Anfall seit 3 Tagen in mässigerem Grade als links bestehend. Wird durch Eserin coupirt. Danach S < 1.
14.	Herr J. T.	53 J.	O. s.	90°	8,085	8,25	1 D.	Glaucoma simpl. Zeitweilige Obscuration. Reizloser Verlauf. S < 1.
15.	»	»	O. d.	90°	8,085	8,25	1 D.	Glaucoma imminens. Zeitweilige Obscuratio nen. Verbreiterte physiol. Excavation, S und S e normal.
16.	Frau M. St.	54 J.	O. s.	90°	7,335	7,05	1 D.	Glaucoma simpl. Reizloser Verlauf. S < 20/30.
17.	Frl. A. S.	70 J.	O. d.	90°	7,17	7,335	1 D.	Glaucoma simpl. Reizloser Verlauf. S < 20/30.
18.	Herr C. H.	42 J.	O. s.	90°	7,085	7,835	5,5 D.	Glaucoma chronic. Seit 10 Jahren zuweilen subakute Anfälle, besonders nach angestrengtem Arbeiten. Letzter Anfall vor 3 Wochen. S = 20/200.
	»	»	O. d.	105°	7,5	7,915	2,5 D.	Normal.

Nummer.	Name.	Alter.	Auge.	Meridian max refract.	Radius im Mer. min. r.	Radius im Merid. max. r.	Grad des As.	Bemerkungen.
	C. — **Glaucome mit der seltenen Form von As. corn.**							
19.	Frau B.	65 J.	O. s	0°	7,835	8,085	1,5 D.	Glaucoma chronicum inflammatorium. Seit einem halben Jahre häufige, sehr schmerzh. Anfälle. S = 20/200.
20.	»	»	O. d.	0°	7,67	8,25	3,5 D.	Glaucoma absolutum. Vor 7 Jahren Visus unter heftigen zeitweil. Schmerzen in der rechten Kopfhälfte allmälig erloschen.
21.	Frau S. D.	48 J.	O. s.	0°	7,5	8	3 D.	Glaucoma chronicum Langjähriges Prodromalstadium mit häufigen sehr schmerzhaften Anfällen. In der Klinik bekommt Pt. einen akuten Anfall. Vorher S noch > 20/40.
22.	»	»	O. d.	10°	7,5	7,75	1,5 D.	Glaucoma absolut. Erster Anfall vor 8 Jahren. Seit 2 Jahren unter häufigen, heftigen Anfällen Visus allmälig erloschen.
23.	Adolph M.	14 J.	O. s.	0°	7,335	7,67	2 D.	Glaucoma congenitum.
24.	»	»	O. d.	0°	7,085	7,67	3,5 D.	Glaucoma congenitum.
25.	Adolph W.	14 J.	O. s.	15°	8,17	8,415	1,5 D.	Glaucoma absolut. Seit einem Jahre mit Schmerzen verbundene Obscurationen. Dabei allmäliger Verfall des Visus bis zur Erblindung.
26.	»	»	O. d.	120°	8	8,335	2 D.	B. Glaucoma imminens. Zuweil. leichte Obscurationen. S < 1.
27.	Frau M. St.	62 J.	O. d.	20°	8,17	8,3	0,75 D.	Glaucoma absolut. Vor drei Jahren der erste heftige Anfall. Seit 3/4 Jahr. häufig sich wiederholende schmerzhafte Anfälle. Seit 3 Monaten Erblindung.

Nummer.	Name.	Alter.	Auge.	Meridian max. refract.	Radius im Merid. max. r.	Radius im Mer. min. r.	Grad des As.	Bemerkungen.
28.	Frau M. St.	62 J.	O. s.	—	8	—	0	**A.** Glaucoma imminens. Seit einigen Monaten zuweilen leichte Obscurationen. S = 20/40. Se noch normal Ebenso die Papille.
29.	Amalie St.	52 J.	O. s.	25°	7,335	7,67	2 D.	Glaucoma chronic. Seit 6 Jahren zuweilen leichte Anfälle. Vor 3 Wochen ein heftiger acuter Anfall. S = 20/40.
30.	Herr Fr. Cr.	60 J.	O. d.	25°	7,5	8	3 D.	Glaucoma acutum neglectum. Vor 3 Wochen erster acuter Anfall, seitdem Auge andauernd unter Atropin. S = Finger auf 8'.
	»	»	O. s.	90°	7,415	7,67	1,5 D.	Normal.
31.	Herr H. V.	52 J.	O. s.	15	7,5	7,835	2 D.	Glaucoma absolutum. Unter zahlreichen acuten Attaquen allm. Erblindung.
32.	»	»	O. d.	90°	7,6	7,835	1 D.	**B.** Glaucoma imminens. Zeitweilige Obscurationen u. Regenbogenfarbensehen. Verbreiterte physiologische Excavation. S < 1.
33.	Herr V. O.	69 J.	O. d.	0°	7,6	7,5	0,75 D.	Glaucoma simpl. Reizloser Verlauf. Allmälig zunehmende Gesichtsfeldeinschränkung nach unten und Abnahme des Visus bis S > 20/30.
34.	»	»	O. s.	—	7,585	—	0	**A.** Glaucoma simpl. Reizloser Verlauf. Nur geringe Gesichtsfeldeinschränkung nach unten. S < 1.
35.	Kathner E. L.	60 J.	O. s.	—	8,085	—	0	**A.** Glaucoma chronicum mit zeitweiligen leichten subacuten Anfällen. S = 20/50.

Nummer.	Name.	Alter.	Auge.	Meridian. max. refr.	Radius im		Grad des As.	Bemerkungen.
					Met. min. r.	Merid. max. r.		
36.	Kallner E. L.	60 J.	O. d.	0°	7,835	8,085	1 D.	Glaucoma absolutum.
37.	Übermacher B. P.	53 J.	O. d.	0°	7,5	8 17	4 D.	Glaucoma chronicum inflammatorium. Seit 1 Jahr unter zeitweiligen schmerzhaften Exacerbationen allmäliger Verfall von S bis auf < 20/100.
38.	Händler L. Sl.	43 J.	O. d.	15°	7,17	7,5	2 D.	Glaucoma subacut. Seit 3 Wochen bestehend. S= Finger auf 15′
	»	»	O. s.	120°	7,5	7,67	1 D.	Normal.
39.	Frau R. B.	62 J.	O. s.	20°	7,335	7,915	3,5 D.	Glaucoma chronicum inflammatorium. Unter häufigen subacuten Anfällen allmäliger Verfall des Visus bis auf S=Finger auf 1′.

Weniger gut ist sie jedoch bei den meisten Fällen unter B, in denen es sich dann entweder schon um länger bestehende Erkrankung oder, wie in Fall 12 und 18, um einen unter acuten Erscheinungen verlaufenden Process handelt. In Fall 18 fällt dabei der hohe Grad von As auf dem erkrankten Auge auf, er ist doppelt so gross als auf dem gesunden; Fall 12 bildet gewissermassen schon einen Uebergang zu Abschnitt C, indem die Meridianlage seines auch ziemlich hohen As eine Diagonale ist.

Im Gegensatz zu der bei A und B herrschenden Regel finden wir unter C bis auf eine Ausnahme — Fall 33 — nur Augen verzeichnet, deren Krankheitsverlauf mit mehr oder weniger heftigen schmerzhaften Glaucommataquen verbunden war, bei denen die deletären Wirkungen der Druckerhöhung sich in starker Herabsetzung der Sehschärfe, in einzelnen Fällen bis auf 0, aussprechen oder in denen das Glaucom angeboren ist. In dem genannten Ausnahmefall übrigens — der As ist in demselben nur gering, fast normal — ist die Sehschärfe noch relativ gut, doch zeigte derselbe insofern eine Eigenthümlichkeit,

als nach der normalen Sclerotomie sofort eine starke Blutung eintrat, welche die ganze Vorderkammer ausfüllte, sich nur langsam resorbirte, während unter anfänglicher Drucksteigerung und zeitweiligen leichten Schmerzanfällen der Visus noch mehr sank (bei der Entlassung bis auf Fingerzählen).

Dass somit ein causaler Zusammenhang zwischen der Cornealäsymmetrie, besonders der anomalen Form, und der glaucomatösen Erkrankung des betreffenden Auges besteht, dürfte nach dem Angeführten nicht zu bestreiten sein, schwierig jedoch, in exakter Form überhaupt vorläufig unmöglich, ist die Entscheidung der Frage, was als Ursache, was als Wirkung aufzufassen ist.

Die zunächst liegende Annahme ist jedenfalls, den Astigmatismus als das Primäre anzusehen, und, da bekanntlich länger andauernde accommodative Anstrengung als ein Moment gilt, welches, bei sonstiger Disposition des Auges dazu, einen glaucomatösen Anfall auslösen kann, so liegt eine ähnliche Annahme für den Astigmatismus der Cornea nahe, der, wie im vorigen Abschnitt ausgeführt, an sich die Veranlassung anhaltender astigmatischer Accomodation ist.

Für diese Annahme spricht auch der Umstand, dass die schwereren Formen des Glaucoms sich meist bei den stärkeren Graden des As finden, sowie, dass das stärker astigmatische Auge bei demselben Patienten auch das schwerer oder überhaupt allein erkrankte Auge ist.

Selbstverständlich würde man mit Rücksicht auf die relative Seltenheit des Glaucoms im Vergleich zu der Häufigkeit des Astigmatimus letzteren in den betreffenden Fällen immer nur als ein mehr nebensächliches, nur complicirendes Moment auffassen dürfen.

Wenn nun auch obige Ueberlegung für die unter A und B verzeichneten Fälle zutreffen mag, wie stellt man sich den Fällen unter C gegenüber zu der Thatsache, dass die hier beobachtete Meridianlage so äusserst selten an normalen Augen, dagegen in mehr als der Hälfte aller mit Astigmatismus complicirten Fälle von Glaucom vorkommt? Soll man annehmen, dass diese Form von As sich so besonders gern mit Glaucom complicirt, dass man deshalb nur selten normale Augen mit derselben zu Gesicht bekommt?

Sehr auffällig wäre es dann doch, dass sich unter 16 Augen nicht eines befindet, in dem die Erkrankung sich noch im Anfangsstadium befindet. Wir finden im Gegentheil, dass in allen bezüglichen Fällen das Leiden schon so weit vorgeschritten ist, dass schwere Schädigung des Visus daraus resultirt. Als besonders bemerkenswerth aber möchte ich noch hervorheben, dass in einzelnen Fällen — No. 25, 30, 31 und 38 — wo die Erkrankung nur das eine Auge allein oder dieses länger und schwerer als das andere befallen hatte, auch nur dieses Auge die bezeichnete Astigmatismusform aufwies. Besonders Fall 30 ist in dieser Hinsicht charakteristisch.

Es handelt sich hier um einen 60 jährigen Gutsbesitzer, der auf seinem rechten Auge seit 3 Wochen an Glaucom erkrankt ist. Das Leiden hat acut eingesetzt und ist durch unzweckmässige Behandlung (Atropin, Eis) derartig verschlimmert, dass der Visus bis auf Fingerzählen auf 8′ herabgesetzt ist.

Bis zum Augenblick der Erkrankung hat Pt. stets gut gesehen, nur seit seinem 40. Lebensjahre hat er sich für seine zahlreichen schriftlichen Arbeiten einer allmälig stärker werdenden Convexbrille bedient. Dabei giebt er an, dass das rechte, jetzt erkrankte Auge vorher das Bessere gewesen sei. Das linke Auge zeigt Strabismus divergens, einen Asc von 1.5 D, stärkst brechender Meridian vertical, S = 20/70, ist sonst normal. Dagegen ergiebt das Ophthalmometer rechts einen Asc von 3 D, und liegt der stärkst brechende Meridian 25° geneigt gegen die Horizontale.

Meridianasymmetrie kommt ja nun ziemlich häufig vor (wenn auch viel seltener als Asymmetrie beider Augen in Bezug auf den Grad des As), doch beschränkt sich dieselbe — wenigstens nach meinen Beobachtungen, in der Litteratur habe ich darüber nichts gefunden — nur auf mässige Differenz in Bezug auf den Grad des Neigungswinkels, welche sehr selten höher als 15—20°, nie jedoch grösser als 45° ist. Es wurde also nie an normalen Augen auf dem einen Auge der stärkst brechende Meridian in der Nähe der Verticalen, auf dem andern nahe der Horizontalen liegend gefunden.

Abgesehen aber davon wäre es auch auffallend, wenn bei unserem Patienten, der zur intelligenteren Klasse gerechnet werden muss, ein so hoher Grad von As bis ins hohe Alter

unbemerkt geblieben wäre, ihm, wie es doch der Fall, nicht nur gar keine Beschwerden gemacht, sondern sogar gestattet hätte, das rechte, also stärker astigmatische Auge, als das Bessere fast allein zu gebrauchen. Viel plausibler scheint mir in diesem Falle die Annahme, dass das rechte Auge, weil das bessere, vorher gar nicht oder weniger astigmatisch gewesen ist, dass also der nach 3 wöchentlicher, durch das Atropin noch gesteigerter, Einwirkung des Glaucoms gefundene As eine Folge der hohen und lange dauernden Drucksteigerung ist.

Was aber in diesem Fall wahrscheinlich ist, dürfte auch für die andern Fälle unter C zutreffen, obwohl dieselben nicht so viele Anhaltspunkte für ähnliche Deductionen bieten.

Viel weniger gezwungen könnten wir es dann auch erklären, warum die anomale Astigmatismusform nur bei sehr schweren Erkrankungen des Auges gefunden wurde, indem wir für das Zustandekommen derselben die Voraussetzung eines lange und energisch einwirkenden, intraocularen Drucks festhalten.

Welche anatomischen und physiologischen Bedingungen vorliegen, damit der intraoculare Druck die bezeichnete Cornealveränderung hervorbringen könne, dafür ist eine befriedigende Erklärung zur Zeit nicht zu geben. Durch einzelne Versuche von Helmholtz (1), vor Allem durch die genauen Experimente von Schelske (2) ist es erwiesen, dass am anucleirten Bulbus sich die Cornealoberfläche in Folge gesteigerten intraoculären Druckes im Sinne einer allgemeinen Abflachung ändert. Auch fand Schelske, dass dieselbe nicht in allen Meridianen gleich ist, dass dieselbe z. B. am Menschenauge zu einer Ausgleichung der an jedem Bulbus vorhandenen Asymmetrie führt.

Es ist klar, dass diese Befunde nicht ohne Weiteres auf das lebende Auge übertragen werden können. Denn abgesehen davon, dass das lebende Gewebe eine andere Widerstandsfähigkeit besitzt als todtes, so werden am lebenden auch die umgebenden Gewebe des Auges von Einfluss auf eine etwaige Gestaltsveränderung sein. Dazu kommt, dass beim Glaucom, selbst der acuten Form, die Drucksteigerung sich viel allmäliger entwickelt als im Experiment.

(1) L. c.
(2) Arch. f. O. X. 2., p. 1—46.

Licht in diese Frage könnten daher nur klinische Beobachtungen bringen, in denen die Cornealverhältnisse sowohl vor dem Ausbruch des Glaucoms oder im Beginn desselben, als nach längerem Bestehen der Erkrankung bestimmt sind. Solche Beobachtungen aber existiren bis auf drei in neuester Zeit von Laqueur (1) mitgetheilte Fälle meines Wissens nicht, und können letztere, wie ich glaube, nicht als beweiskräftig dafür angesehen werden, dass Glaucom überhaupt keine Veränderung in der Krümmung der Cornea hervorbringe; so interessant sie auch sonst zur Entscheidung der Frage über die Betheiligung der Cornea an der Refraktionserhöhung bei Glaucom sind. Denn dem Charakter der Erkrankung nach, in Bezug auf Intensität und Dauer, würden sie auf eine Stufe zu stellen sein mit den in Tabelle VII unter A und B angeführten Fällen, in denen ja auch ein Einfluss des Glaucoms auf die Cornealkrümmung als unwahrscheinlich angenommen wurde. Solche schweren Formen jedoch wie die unter C angeführten sind deshalb einer längeren Beobachtung unzuganglich, weil die Rücksicht auf die damit verbundene schwere Schädigung des Sehvermögens ein frühzeitigeres Eingreifen gebieten wird. Falls daher nicht der Zufall einmal solche Beobachtung gestattet, werden wir uns mit der grösseren oder geringeren Wahrscheinlichkeit von Vermuthungen begnügen müssen. Doch glaube ich, dass auch schon eine grössere Statistik, als ich sie zu geben vermochte, manches Aufklärende über die vorliegende Frage bieten würde und dass weitere Beobachtungen über die Cornealverhältnisse bei Glaucom uns einer Entscheidung über die Frage näher bringen könnten, ob Cornealastigmatismus nur eine zufällige Complication oder unter Umständen die Folge des Glaucoms ist.

[En même temps que le mémoire qu'on vient de lire, paraissait dans les *Annales d'oculistique*, t. XCIII, p. 223, un travail non moins important de M. G. Martin, qui arrivait aux mêmes constatations, relativement aux relations entre le glaucome et l'As. Travaillant l'un à Königsberg et l'autre à Breslau, M. Pfalz et M. Martin trouvaient simultanément environ 30 0/0 d'As *inverse* chez les glaucomateux. — — Un mémoire de Theobald, de Baltimore, qu'on trouvera plus loin, donne des résultats analogues. Aux confrères qui voudraient étudier

(1) Arch. f. O. XXX. 1., p. 114—115. [Voy. ci-dessus.]

les relations entre l'As et le glaucome, je signale le très important mémoire de M. Eissen, qui sera également reproduit plus loin.

Enfin, pour l'étude mathématique de l'influence de la pression intra-oculaire sur la forme de la cornée, on étudiera avec fruit une importante thèse de Jays (de Lyon), intitulée *Essai sur la mécanique de la coque oculaire* avec applications à la forme de l'œil normal, à l'étiologie de l'amétropie, aux staphylomes et à l'ophtalmotonométrie (Paris, Masson, 1889). L'auteur se fonde avec raison sur les théorèmes de Dupin et établit les relations qui doivent exister entre les déformations du globe oculaire et l'épaisseur de ses parois.

Je regrette de ne pouvoir reproduire ici le mémoire si intéressant de M. Jays. Quant à celui de M. G. Martin, on en trouvera une analyse ci-après dans le chapitre que l'auteur a bien voulu écrire spécialement pour ce volume et où il résume ses nombreuses et intéressantes publications antérieures.]

XVII

DE L'ASTIMAGTISME

CONSIDÉRÉ COMME UNE DES CAUSES DE LA CATARACTE

Par le Dr Louis VACHER, d'Orléans.

(*Bull. de la Soc. Fr. d'Ophtalmologie*, 1883, p. 33.)

Au mois de juillet 1884, j'ai publié dans la *Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie* une note sur l'astigmatisme considéré comme une des causes de la cataracte. Basée sur 37 observations, cette note avait pour but de prendre date, en signalant les relations de cause à effet qui me paraissent exister entre ces deux affections.

Encouragé par M. le Dr Javal, qui avait bien voulu m'apprendre à manier son ophtalmomètre, et à qui j'ai soumis mes conclusions, avant de les publier, j'ai saisi toutes les occasions qui se sont présentées à moi pour mesurer des yeux à tous les âges, soit pour me rendre compte des rapports signalés récemment entre l'astigmatisme et la migraine, la blépharite, la kérato-conjonctivite équatoriale; soit pour dresser une statistique sur l'augmentation ou la diminution de l'astigmatisme avec l'âge; soit, enfin, me mettant à un point de vue que je crois tout personnel, pour rechercher les rapports de fréquence qui existent entre l'astigmatisme et la cataracte.

Je dois ajouter que, lorsque j'ai soumis mon travail à

M. Javal, il m'a dit avoir eu les mêmes idées que moi, mais qu'il renonçait à rien publier sur ce sujet, pour me laisser tout le fruit d'un travail que j'avais fait avec le secours de son instrument.

Voici les questions que j'ai cherché à résoudre :

1° L'astigmatisme est-il fréquent chez les cataractés?

2° Lorsqu'une personne est atteinte de cataracte sur un œil seulement, cet œil est-il seul astigmate ou beaucoup plus astigmate que l'autre?

3° Lorsque les deux yeux sont atteints inégalement, l'œil le plus cataracté est-il le plus astigmate?

4° L'astigmatisme est-il héréditaire en même temps que la cataracte?

5° L'astigmatisme a-t-il une influence importante sur l'âge auquel se montre la cataracte?

Je puis répondre aujourd'hui affirmativement à toutes ces questions; et, après avoir parcouru les deux tableaux ci-joints, il vous sera facile, Messieurs, de voir sur quelles données j'appuie mon affirmation.

Avant d'entrer dans le détail des 51 observations qui font le sujet de cette étude, permettez-moi de vous faire remarquer que mes mesures n'ont porté que sur des yeux dont la cornée ne présentait aucune trace d'affections antérieures ayant pu donner lieu à de l'astigmatisme. Il va sans dire aussi que je n'ai pas tenu compte des yeux opérés d'iridectomie ou de cataracte, et, que pour examiner toujours le centre de la cornée, j'ai fixé au moyen de deux fils en croix un petit carton blanc au centre du cercle de la lunette que le malade doit regarder pendant tout le temps de l'examen.

Je n'ai pas fait figurer dans ces 51 observations les 37 dont j'ai publié le résultat, car j'avais omis le plus souvent de m'enquérir de l'âge et de la profession des personnes qui en font l'objet. Je n'aurais donc pu m'en servir pour établir une moyenne d'âge régulière, mais voici en quelques mots comment elles se divisent :

Huit cas d'astigmatisme nul ou inférieur à une dioptrie, sept cas d'astigmatisme sensiblement égal de 1 à 3 D et inégalité notable dans l'âge de la cataracte; je n'entends point par là

l'acuité visuelle qui peut diminuer pour une foule de causes autres que les opacités cristalliniennes, mais je veux parler du nombre de ces opacités et de leur aspect à l'éclairage direct ou latéral. Trois fois, l'astigmatisme dépassait 3 dioptries et malgré de nombreux travaux à l'aiguille, les personnes n'avaient que des cataractes commençantes à l'âge de 60 à 63 ans, mais étaient atteintes de forte myopie. Une fois un œil cataracté et astigmate, l'autre œil n'étant ni l'un ni l'autre; ce fait se reproduira plusieurs fois dans mes nouvelles observations, ce qui me paraît important à remarquer; 16 cas d'astigmatisme inégal sur les deux yeux avec cataracte plus avancée sur l'œil le plus astigmate.

Enfin, deux cas dans lesquels l'hérédité de l'astigmatisme et de la cataracte était manifeste : 1° une mère âgée de 76 ans, opérée d'un œil, l'autre œil cataracté et astigmate, et sa fille âgée de 51 ans, porteur de deux cataractes, astigmate au même degré que sa mère; 2° dans le second cas la malade qui est plus jeune (42 ans) possède encore son père et sa grand'mère. Elle est cataractée et astigmate, son père est de même, sa grand'mère a été opérée d'un œil et l'autre est cataracté et astigmate.

J'arrive aux 51 observations qui figurent sur ces deux tableaux. Le premier contient 20 observations d'hommes classées de 1 à 20. Le deuxième, de 31 observations de femmes classées de 1 à 31. Chaque tableau est divisé en 7 colonnes : numéro d'ordre, profession, renseignements pouvant éclairer l'étiologie, indication de l'œil le plus cataracté, astigmatisme de l'œil gauche, enfin astigmatisme de l'œil droit. Les mensurations sont divisées en 3 groupes : astigmates de moins d'une dioptrie, de 1 à 3 dioptries, de plus de 3 dioptries. Après chaque groupe, la moyenne de l'âge des cataractés.

1° Hommes, 1er groupe, 6 dont 3 diabétiques et 1 dont la mère était cataractée. Restent 2 qui pourraient servir pour la moyenne, mais devant ce petit nombre je n'en calcule pas.

2e groupe, 9. L'astigmatisme a été presque toujours trouvé plus fort du côté le plus cataracté sans jamais se montrer inférieur. Moyenne de l'âge, 69 ans.

3e groupe : 5. Astigmatisme toujours plus fort du côté le plus cataracté. Moyenne de l'âge, 63 ans.

2e tableau.

31 observations de femmes.

1er groupe, 9 cas d'astigmatisme inférieur à une dioptrie, mais l'hérédité peut être invoquée deux fois. Moyenne de l'âge, 68 ans.

2e groupe, 17 cas, sur lesquels 1 seul héréditaire. Moyenne de l'âge, 65 ans.

3e groupe, 5 cas et la moyenne de l'âge est 58 ans.

L'astigmatisme cornéen a donc une influence considérable sur l'âge auquel apparaît la cataracte. Quelques-unes de ces observations méritent une remarque particulière.

Le n° 17 nous montre un homme de 60 ans, domestique de ferme, dont un œil est frappé de cataracte complète, alors que l'autre n'a pas de trouble cristallinien. La mesure ophtalmométrique donne 0,50 D du côté sain et 4 D du côté malade. Le n° 20 est un vigneron âgé de 66 ans ; son œil, complétement cataracté, a 7 D. d'astigmatisme ; l'autre, beaucoup moins atteint, n'a que 3 dioptries.

Parmi les femmes, le n° 29 nécessite quelques développements ; cette femme, âgée de 64 ans, couturière, vient me consulter pouvant à peine se conduire. Elle est cataractée à droite. Son œil gauche est tellement strabique qu'il ne peut lui être d'aucune utilité, bien qu'elle dise en voir davantage. A l'ophtalmomètre, je trouve à droite 120° + 3 D. Je fais à gauche le reculement et l'avancement musculaire et, quinze jours après, l'examen de cet œil ne révèle ni astigmatisme ni opacités du cristallin, mais un staphylome postérieur très développé. Cette observation ne vous paraît-elle pas militer fortement en faveur de l'opinion que je soutiens? L'œil astigmate est le seul qui ait servi à la vision, il est le seul cataracté.

On me fera certainement une objection. Vous constatez bien, me dira-t-on, de l'astigmatisme sur les personnes cataractées ; vous trouvez même que plus l'astigmatisme est fort plus la cataracte vient vite, mais combien de personnes du même âge sont astigmates au même degré et n'ont pas la cataracte. Je puis répondre à cette objection que j'ai déjà plus de 700 mensurations astigmométriques prises à tous les âges et classées en plusieurs catégories : de 5 à 10 ans, de 10 à 20, de 20 à 60, et de 60 et au delà. Ces mensurations font partie

de la statistique que je veux publier sur l'astigmatisme à tous les âges; pour en augmenter le nombre, depuis plus d'une année, je mesure toutes les personnes qui viennent me consulter, sans distinction de position, d'âge et de sexe. Je suis certain que le nombre des personnes qui ont plus de 2 ou 3 D. d'astigmatisme, et qui arrivent à 60 ans sans aucun trouble cristallinien, est plus restreint qu'on ne serait tenté de le croire. Pour l'homme comme pour la femme, l'astigmatisme me paraît donc être une cause de la cataracte et la faire arriver à maturité d'autant plus rapidement que l'astigmatisme est plus élevé.

Permettez-moi, messieurs, pour terminer, de vous citer quelques lignes de ma première note auxquelles je ne saurais rien changer, en vous priant de ne pas croire que je veuille tout attribuer à l'astigmatisme, surtout dans les cas où l'examen ophtalmométrique a été négatif du côté de la cornée.

Vous savez tous que la différence qui existe entre l'astigmatisme manifeste et l'astigmatisme cornéen, différence qui change par l'emploi prolongé des mydriatiques, n'est autre chose que l'accommodation astigmatique du cristallin, qui est vérifiée encore par ce fait que l'astigmatisme est inférieur chez les jeunes sujets hypermétropes ou emmétropes à l'astigmatisme cornéen, pour lui devenir sensiblement égal ou le dépasser légèrement vers l'âge de 40 ou 50 ans. (Javal, *Annales d'oculistique*, tome XV, page 105 et suivantes.) S'il est logique d'admettre que le cristallin possède une accommodation astigmatique qui entre en jeu pour corriger une partie de l'astigmatisme cornéen, n'est-il pas aussi permis de penser que l'astigmatisme statique du cristallin existant seul doit donner lieu à des contractions partielles du muscle ciliaire, tendant à le détruire afin de diminuer les cercles de diffusion, contractions d'autant plus fortes et plus prolongées que l'astigmatisme cristallinien sera plus fort et les travaux de la personne plus longs ou plus minutieux? Dès lors ne puis-je pas mettre en avant comme une des causes sérieuses de la sclérose cristallinienne, soit l'astigmatisme cornéen, soit l'astigmatisme latent cristallinien, qui tous les deux amènent des contractions partielles du muscle ciliaire, provoquent des tractions, des

pressions irrégulières et intermittentes sur les couches du cristallin qui, devenant moins souples avec l'âge, peuvent subir à la longue un changement moléculaire?

J'ajouterai, comme déduction de cette thèse, qu'il me paraît indispensable de corriger exactement l'astigmatisme à tous les âges, même en usant d'un mydriatique pour se rendre compte de l'astigmatisme latent cristallinien. Cette correction sera très utile aux personnes ayant un commencement de cataracte, surtout si on emploie des mydriatiques dans leur traitement, et, je crois que, dans tous les cas, elle arrêtera la marche ou l'apparition prématurée de la sclérose cristallinienne.

[Pour le tableau des observations de M. Vacher et pour la discussion qui a suivi son mémoire, voy. ***Bull. de la Soc. française d'ophtalmologie***, 1885, p. 40.]

XVIII

OPHTALMOMETRY

WITH THE OPHTHALMOMETER

OF JAVAL AND SCHIÖTZ

WITH AN ACCOUNT OF A CASE OF KERATOCONUS

By SWAN M. BURNETT

(WASHINGTON)

(Reprinted from the *Archives of Ophthalmology*, 1885. Vol. XIV, Nos. 2 and. 3.)

Javal and Schiötz exhibited their perfected ophthalmometer at the meeting of the International Medical Congress held in London in 1881. I have not been able to find, however, any published papers, embodying results of experimentation with the instrument by others, outside of two or three on the continent (1).

In England and America, so far as my knowledge of their ophtalmic literature extends, no publication has been made (2).

Having used one of these instruments in my daily practice

(1) Laqueur, *Gräfe's Archiv*, XXX., I, p. 99; Angelucci, *Ann. dit Ott.*, XIII., fas. I., p. 35.

(2) Juler (*Brit. M. J.*, 1884. ii., p. 1274) speaks disparagingly of the instrument.

for some months, I feel it but due to the ingenious inventors, and hope it may be not without interest to the practical ophthalmologist, to place the results of my observations on record.

Any description of the instrument itself is not necessary here, since this is accessible in the papers published by the ingenious inventors, in the *Annales d'oculistique* for Juill.-Août, 1881; Mai-Juin, 1882; Juill.-Août, 1882; and Jan-Févr., 1883. These articles contain all that is necessary for a thorough understanding of the principles on which the instrument is built, the method of its construction, and the manner of using it. From a careful reading of them, no practitioner with knowledge of the fundamental principles of optics can have any difficulty in taking the instrument from its packing-case, setting it up, and manipulating it with satisfaction.

Its prime, and indeed only, function is the determination of the character of the corneal curvature (1). That is its limitation; but when we consider that astigmatism is almost wholly corneal, and that it forms more than one half of the cases of refractive anomalies presenting for treatment, the importance of knowing the exact curvature of the cornea in all its meridians becomes apparent.

The ophthalmometer does not give us the refractive condition of the eye as a whole, and furnishes no positive indication as to the existence of myopia or hypermetropia (2), but it gives with exactness the radius of curvature of the cornea in all its

(1) For which reason I think the term *keratometer* much more accurately descriptive than ophthalmometer. The terme *keratoscopie* should be reserved for a simple inspection of the corneal surface without any measurements, as with Placido's circles or Wecker's square.

(2) Siuce writing the above, I have examined a case which demonstrates this very perfectly. In the left eye 110° had $r = 7.8$ *mm.*; 10°, $r = 8.4$ *mm.*; in the right eye 80° had $r = 7.8$ *mm.*; 170°, $r = 8.4$ *mm.* In both the bands crossed $1\frac{1}{4}$ steps. Wen it came to correction, however, it was found that L required + 1.25 (110°), while R required — 1.25 (80°). As the person was over sixty years of age, we could hardly suppose the existence of spasm of A in R. The M must therefore have been due to an elongation of the antero-posterior axis of the globe, of which fact, of course, the ophthalmometric measurements gave us no hint. I have also examined two cases in which M — 10 D existed in one eye, and E in the others; but both cornea hat the same radius of curvature.

meridians; and, where there is a difference, it shows the direction of the principal meridians, and we can read on the instrument the amount of the difference in dioptries and fractions. The inventors claim, that a difference of 0,25 D can be readily detected, and my own experience would substantiate this statement.

The main question is: Is it practical? I most unhesitatingly answer: Yes. Taking all things into consideration, it seems to me the most practical of all the instruments of precision we use in the diagnosis of astigmatism. I have found many ophthalmologists who have confessed that they did not rely on the ophthalmoscope in the diagnosis of refractive anomalies. That seems to be an art which all cannot learn; but I can hardly imagine a practising oculist that could not manipulate the ophthalmometer with success — certainly to the extent of detecting an astigmatism of 0,5 D.

Another advantage is the rapidity with which examination can be made. When the instrument is in position, it consumes even less time than an expert would take in making the same determination with the ophthalmoscope — that is, less than two minutes, including the reading and recording of the measurements.

No other form of keratoscopy can compare with it for precision and accuracy. I have used Placido's disc and Wecker's square, but must confess that in regular astigmatism I have found them worthless. They sometimes, in astigmatism of high degree, give indications as to the direction of the principal meridians, but I have never been able to estimate within two or three dioptries of the degree.

It is in cases of astigmatism of high degree, and particularly in mixed astigmatism, where the instrument of Javal is of most essential value, for it is precisely in such cases that the subjective methods of examination are so tedious, with the ophthalmometer you obtain at a glance the data required for a speedy solution of the difficulty.

I will not lengthen this paper by giving any tabular statistics, suffice it is to say that in about 100 astigmatic eyes I have not found a difference of more than 1 D between corneal and total astigmatisms, and that only in a single case. I will relate one

case of kerato-conus in full, which not only shows the value of the instrument, but has also, I think, an interest and importance of its own.

Mrs. R., twenty-seven years of age, says she saw well up to her sixteenth year. At that time her vision began to fail, and gradually got worse until her nineteenth year, since which time it has remained about as it is now. On October 6, 1884, the time of the first examination, $V = \frac{2.5}{60}$. With $-6^{\cdot}$ she saw with either eye No. 60 at 4 metres, and no other spherical lenses gave further improvement. As is my habit, I then made an ophthalmoscopical examination before trying cylinders, since I thereby obtain at least some indications of the nature of the trouble, particularly if there is a high degree of astigmatism. On making this examination I at once found that I had to deal with a case of kerato-conus. Even in the inverted image it was not possible to see all parts of the disc clearly, and there was that excessive parallactic movement of the vessels which is so characteristic of kerato-conus when this method of examination is used. When the light from a plain mirror was thrown into the pupil from a distance, as in the shadow test (1), the, peculiar unstable shadow crescent of conical cornea was beautifully shown. Examination by the direct method was in the highest degree unsatisfactory. At no time, and with no lens could I get more than a part of two or three vessels in focus at once, and the least movement of the eye would throw those out of view and bring others forward.

The ophthalmoscope, therefore, which in cases of regular astigmatism of high degree is invaluable in giving us a clue to the character of the anomaly, was here of no avail.

The average radius of curvature of the normal cornea is somewhat less than 8 *mm*. In Mrs R. the radius of curvature of the cornea was shortened in all the meridians, and in different parts of the same meridian, and a wide departure from the nor-

(1) I think this name is preferable to keratoscopy, retinoscopy, pupilloscopy, phantoscopy, or any of the others that have been applied to this method of examination. Perhaps, for scientific nomenclature, we had better adopt the wor *skiascopy*, as suggested by the French Hellenist, M. Egger.

mal was found. The most nearly regular part was found, not directly in the line of vision, but about five degrees outwards in each eye. When in this position, the meridian in the R at 10° had a radius of curvature of only 5.4 *mm.*, and at 110° a radius of 6.8. The left cornea had a radius in about the same locality of 5 *mm.* in the meridian at 180°, and of 6 *mm.* in the meridian at 90°. Even in these meridians there was a rapid change in these figures as soon as the point of measurement was removed a few degrees from the place indicated. The shade of the bands became very much distorted, and it was impossible to take accurate measurements. It was very evident, however, that the corneal surface became flatter as it approached the periphery. The distortion began much sooner on the outer side of the point indicated in both eyes. In R I measured the radius in 180° at some 20 degrees out and in from the apex, and found it inwards 7.5 *mm.*, and outwards 8 *mm.*, approximatively. The distortion was also greater in the upper than in the lower portion of the cornea.

These measurements, while showing a very great irregularity in the corneal curvature, gave me an idea of the direction of the meridians of greatest and least refraction near the visual axis, which was of great value in my further unravelling of the tangled threads of evidence. I read off on the arc of the instrument that in L, 180° had about 38 D, and 90° had 34 D—the difference being 4 D; and when the bands were in contact at 90°, they crossed 3 1/2 steps of the graded arc at 180°. In R, 10° had 36 D (the normal being near 20), and 110° had 30 D, and the bands were superposed 6 steps at 10°, when they were in contact at 100°.

These data gave me no hint of the *character* of the regular astigmatism, but I now knew the *amount*, and approximately the direction of the principal meridians.

From the very short radius of curvature in all meridians, we naturally expected to find a high degree of myopia, but on testing with glasses it was found that while in L, with — 9 — 4 cyl. 180°, some letters of No. 12 were made out, in R some of No. 9 were seen, with + 4 cyl. 180° — 2.5 cyl. 90°, No. 1 of Wecker was read by both at 8 inches. It should be stated that the examinations with glasses were repeated many times,

and under the full effect of atropine; and the result as regards vision was the same with the same glasses, with and without the mydriatic.

Javal has added a Placido's disc to his instrument since 1881, and it has increased its value very much for the determination of *irregular* astigmatism. I had found the disc of Placido very useful for this purpose, and by it have discovered varying degrees of irregular astigmatism in many cases where V could not be brought up to 20/20 by any optical means. As we always have a certain and usually a very large amount of irregular astigmatism (1) in kerato-conus, I made careful examinations of both eyes of Mrs. R with the disc.

Such a case would seem, theoretically, to be well adapted to the use of hyperbolic lenses, and I much regret that I did not have an opportunity of trying them.

But the results obtained by cylindrical lenses are very gratifying, and encourage us to hope that with the aid of the ophthalmometer, many cases of kerato-conus, which have heretofore been deemed fit only for operation, will find a remedy in optical appliances (2).

In the R eye the images of the circles were even more regular in form than in the L, and there was much less distortion at the apex of the cornea, an this is the eye which received the greatest benefits from the cylindrical lenses, vision being brought up to nearly 4/9.

I have made ophthalmometric measurements of three eyes on which I had operated for cataract by extraction. Unfortunately none of these eyes were so examined before the operation, but it is a fair assumption that both eyes were nearly alike when the patients so state. In one there was that rather rare accident of a reopening of the wound nine days after the operation, and the examination was made only four days after it had again closed. At that time there was an astigmatism of 5.5 D in the

(1) See a paper by Angelucci in *Ann. di Ottal.*, xiii., 84, fas. 1. [Cidessus, p. 145].

(2) It now becomes a possibility that the hyperbolic lenses of Rachlmann, which have afforded decided advantage in cases of kerato-conus over cylinders, can be manufactured to order to suit each particular case from data furnished by the keratometric measurements.

meridian at 45°, corresponding pretty well with the place where the wound had given way, and the radius of curvature in that meridian was more than one millimeter longer than in the meridian at 135°. Examined fourteen days later, a marked change was found. 45° had now only 8.1 *mm*, while 135° had 8.4 *mm* radius, the difference amounting to 1.25 D, the *shorter* radius being now at 45°. When a + 1 cyl. with the axis at 45° was added to his cataract glass vision was much improved. In the second case the operation was a typical one, with Wecker's incision wholly in the cornea. There was no reaction until the ninth day, when an iritis set in. The wound had closed perfectly, but cicatrization was not complete on the eleventh day, when I made opthalmometric measurements. The extraordinary degree of irregular astigmatism is shown by the distortion of Placido's disc. Combined with this there was also a very large amount of regular astigmatism, as indicated by the elongated form of the disc.

On measuring the corneal curvature I found that 90° had $r = 9.9$ *mm* (11 D); 180°, $r = 8.$ (21 D); making a difference of 10 D. The cornea of the other eye (which was also cataractous) was free from astigmatism of any kind. It is interesting to note that the other eye, operated on since the above was written, followed the same course, the iritis lasting six weeks. It was accompanied by analogous changes in the corneal curvature. Both corneæ became subsequently almost normal in curvature.

In another case, four weeks after extraction, in which there were no complications, either during or subsequent to the operation, there was a corneal astigmatism of 2.25 D, the more strongly curved meridian being at 100°; and vision was much improved by the addition of this cyl. to this spherical. The fellow-eye showed no abnormality in its corneal curvature. Measurements ten days subsequently showed a decrease of the astigmatism to 1.5 D (1).

A number of accurate ophthalmometric measurements of eyes operated on for cataract by extraction, would give us

(1) See papers on this subject by L. Weiss, These ARCHIVES, vi., p. 432; and Laqueur's paper, *l. c.*

valuable indications as to the kind of section which would be likely to give us a minimum of deformity in the corneal curvature.

Another field for usefulness of the ophthalmometer will be in the selection of a place for making an iridectomy in cases of leucoma of the cornea, etc., where there is left any choice of clear cornea. The instrument will show us at once which portion of the corneal surface is most nearly regular, and under that we can make the artificial pupil.

XIX

OPHTHALMOMETRISCHE UND OPTOMETRISCHE UNTERSUCHUNG VON 969 AUGEN.

Von Dr. med. Hj. SCHIÖTZ in Christiania

(Mit 8 Holzschnitten.)

(Arch. f. Augenheilk. 1886. *Bd. VI, S.* 37.)

Im Anfang des Jahres 1883 untersuchte ich die Augen der Zöglinge der Kathedralschule in Christiania. Das Resultat dieser Untersuchungen habe ich bereits theilweise in einem Aufsatze „über Myopie" in „Norsk Magazin for Lägevidenskaben" (Bd. XIII, Heft 6) veröffentlicht, — in welchem Aufsatze ich meine Beobachtungen über das Zunehmen der Myopie in den höheren Classen, sowie über die Grösse des Hornhautradius (1) bei Emmetropie und Myopie niederlegte. Seit jener Zeit habe ich, so weit es mir möglich war, auch die später in die Schule eingetretenen Zöglinge untersucht.

Wenn ich jetzt mich anschicke, die Resultate dieser Beobachtungen in einer Fachschrift zusammenzufassen, so habe ich dabei besonders folgende beiden Zwecke im Auge : einmal eine genauere Bestimmung der Häufigkeit des Astigmatismus, sowie seines Verhaltens zu den übrigen Refractionszuständen

(1) Durch einen Rechenfehler sind in diesem Aufsatz die Werthe 0.07 bis 0,08 Mm. zu gross angegeben worden.

des Auges, wobei ich gleicherweise an den Total- und an den Hornhaut-Astigmatismus denke, und demnächst eine Bestimmung der Radien der Hornhaut in verschiedenen Altern und bei verschiedenen Refractionszuständen.

Im Ganzen habe ich 969 Augen untersucht, die 485 Zöglingen im Alter von 6 bis 20 Jahren angehörten.

Die ophthalmometrische Untersuchung wurde mittelst des Javal-Schiötz'schen Ophthalmometers vorgenommen. Nach der Ophthalmometrischen Untersuchung wurden die Refraction und die Sehstärke bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung mit Hilfe des Javal'schen Optometers bestimmt, die Refractionsbestimmungen wurdem ausserdem mit dem Augenspiegel controlirt.

Von sämmtlichen 969 Augen zeigten

470 Emmetropie,
59 Hypermetropie,
328 Myopie,
112 einfachen oder gemischten Astigmatismus.

Die zusammengesetzten Formen des Astigmatismus sind unter Hypermetropie oder Myopie eingeordnet worden.

Zum Nachweis dafür, wie die verschiedenen Refractionszustände sich auf die verschiedenen Alter vertheilen, sind auf nachstehender Figur die betreffenden Procentverhältnisse durch Curven veranschaulicht.

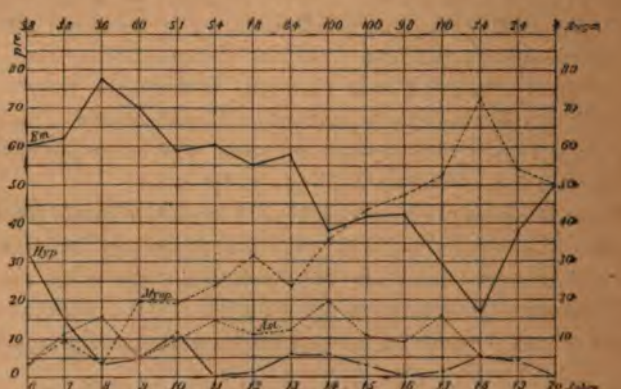


Fig. 35.

Die Zahlen unter dem Diagramm geben die verschiedenen Alter zwischen 6 und 20 Jahren an, und die Zahlen über demselben die Anzahl der Augen für die respectiven Alter. Auf die Altersstufen von 20 und 19 Jahren haben wir, bei der verhältnissmässig geringen Anzahl der denselben angehörigen Augen, keine besondere Rücksicht genommen; wir haben demgemäss das Alter von 18 Jahren als Grenze der Beobachtungsreihe anzusehen. Unter dieser Voraussetzung bilden, wie man alsbald übersieht, die Curven der Emmetropie und der Myopie zwei einander durchkreuzende Linien mit einem im grossen Ganzen entgegengesetzten Verlaufe, abgesehen von dem Umstand, dass die emmetropische Curve im Alter von 8 Jahren ein plötzliches Herabsinken, nach dem Alter von 7 und 6 Jahren hin, nachweist. Dieses Herabsinken ist durch die auf letzteren Altersstufen häufig vorkommende Hypermetropie veranlasst.

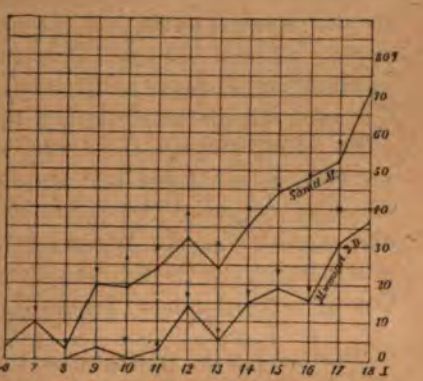


Fig. 46

Die Curve für Astigmatismus stellt eine ziemlich gleichmässige Wellenlinie dar, doch vielleicht nicht ohne eine Tendenz zu einem Herabsinken an beiden Enden, die bei den 6 jährigen darauf zurückzuführen sein dürfte, dass hier der Astigmatismus schwerer zu bestimmen ist und vielleicht auch latent auftritt; bei den 18 jährigen dagegen erklärt sich diese Erscheinung zur Genüge aus dem Umstande, dass in diesem Alter der Astigmatismus sich gewöhnlich mit Myopie verbindet, und darum unter letztere Rubrik gerechnet worden ist. Da in der eben gegebenen Darstellung des Procentverhältnisses auch die niedrigeren Grade von Myopie, bis zu 0,50 Dioptrien herab, mit einberechnet worden sind, so geringe Grade der Kurzsichtigkeit jedoch ohne eigentlich praktische Bedeutung bleiben, so habe ich in Fig. 46 die Curve einer Myopie von wenigstens 2 Dioptrien con-

struirt. Der Uebersicht wegen ist auch die Curve der gesammten Myopen beigefügt, und es ist ganz interessant zu beobachten, wie gleichartig die Form dieser beiden Linien sich zeigt. Die Entwickelung der Kurzsichtigkeit beginnt bereits, wenngleich in kleinem Maassstabe, bei den 8 jährigen — dem Alter, in welchem der bisher ausschliesslich mündliche Unterricht zur Benutzung von Lehrbüchern fortschreitet — ein Grad von Myopie, der 2 Dioptrien erreicht, zeigt sich jedoch eigentlich erst im Alter von 11 bis 12 Jahren, dangegen steigt diese Curve für die höheren Grade der Myopie von nun an ziemlich rasch empor, besonders in der Zeit um das 16. Jahr, so dass wir unter den 18 jährigen nicht weniger als 37 0/0 antreffen, bei denen die Myopie mindestens 2 Dioptrien beträgt.

Das Verhältniss gestaltet sich noch ungünstiger, wenn wir das Procentverhältniss der Individuen betrachten und nicht, wie eben, dasjenige der Augen, da der Fall sehr oft vorkommt, dass nur das eine der Augen myopisch ist. Das Procentverhältniss in Bezug auf die Individuen wird durch die über den beiden Curven eingezeichneten Kreuze angedeutet.

Wir wenden uns nun zu einer Untersuchung des Hornhautastigmatismus bei den verschiedenen Refractionszuständen und richten unsere Aufmerksamkeit zunächst auf :

Die Emmetropen.

Diese bilden eine Gruppe von 470 Augen bei 272 Individuen. Unter letzteren befanden sich 198 mit Emmetropie auf beiden Augen und 74 mit Emmetropie blos auf einem Auge.

Das Vorkommen von Hornhautastigmatismus bei diesen Augen lässt sich nach folgender Tabelle übersehen :

104	Augen	0	< 0,25	D.	Hornhautastigmatismus.	22,13	0/0
250	»	0,25	< 1,0	»	»	53,20	»
109	»		1,0	»	»	23,20	»
6	»	> 1,0	< 2	»	»	1,27	»
1	»		2	»	»	0,20	»

In Fig. 47 ist die Curve für den Hornhautastigmatismus aufgezeichnet.

Wir bemerken hier also nicht weniger als sieben Augen mit einem Hornhautastigmatismus von über 1 D., blos eins dieser Augen zeigte eine Sehschärfe von unter 20/20 (es hatte dasselbe ein frisches Phlyctäne und die Sehschärfe 20/30); von den übrigen Augen besassen zwei eine Sehschärfe 20/15, und das eine von diesen war das Auge, welches einen Hornhautastigmatismus von 2 D. aufwies. Es zeigt sich somit, dass ein Auge,

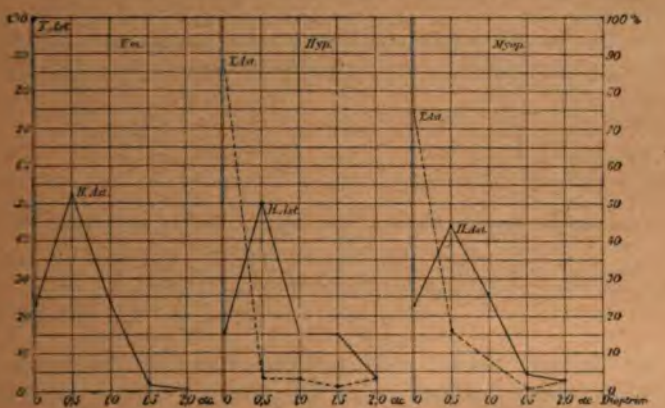


Fig. 47. Fig. 48. Fig. 49.

trotz eines hohen Grades von Hornhautastigmatismus, doch emmetropisch sein und eine normale Sehstärke besitzen kann, wie dies auch bereits von Nordenson nachgewiesen ist in seinen „Recherches ophthalmométriques sur l'astigmatisme de la cornée" (Annal. d'Ocul., Mars-Avril 1883, pag. 13). Ein solches Verhältniss kann jedoch nur dann statthaben, wenn der Hornhautastigmatismus eine Correction erfahren hat, und der einzige Correctionsapparat, an welchen wir hier denken können, ist die Linse, so dass sich uns also unwillkürlich die Vorstellung aufdrängt, dass in diesen Fällen der Hornhautastigmatismus durch ein Linsenastigmatismus von umgekehrter Richtung ausgeglichen wird, wobei letzterer wohl zum grossen, wo nicht gar zum grössten Theile durch partielle Contractionen des Ciliarmuskels verursacht werden dürfte. Hierfür spricht eine ganze Reihe von Untersuchungen und Beobachtungen; statt dieselben hier zu recapituliren, verweise ich jedoch auf

die oben erwähnte Arbeit Nordenson's in den Annales d'Oculistique pag. 15 ff.

Der Hornhautastigmatismus tritt in der Regel an beiden Augen in gleichem Grade auf. Bei den 198 Individuen mit emmetropischen Augen zeigte sich ein Unterschied zwischen dem rechten und linken Auge bei 44, von welchen bei 40 sich die Differenz auf 0,50 D. beschränkte und nur bei 4 bis auf 1 D. stieg.

Bei den 74 Individuen mit Emmetropie auf blos einem Auge ergaben sich für das andere Auge folgende Refractionszustände:

D.	M.	H.	Ast.
0,5	21	12	17
1,0	6	4	4
2, etc.	2	3	3
	29	19	24

72 + 2 mit gemischt. Ast.

22 von diesen hatten einen grösseren Hornhautastigmatismus auf dem ametropischen Auge als auf dem emmetropischen, nämlich:

16 Schüler 0,5 D. — 5 Myopie, 2 Hypermetr., 9 einf. Ast.
1 » 1,0 » — } einfachen Astigmatismus.
2 » 1,5 » — } einfachen Astigmatismus.
3 » 2,0 » — } einfachen Astigmatismus.

Grösseren Astigmatismus auf dem emmetropischen Auge zeigten 3 Schüler:

2 — 0,5 D. } Auf dem anderen Auge Hypermetropie.
1 — 1,0 » } Auf dem anderen Auge Hypermetropie.

Bei den übrigen 49 Anisometropen war der Hornhautastigmatismus für beide Augen der gleiche (wobei Unterschiede von weniger als 0,5 D. vernachlässigt sind).

Wenn wir also, wie sich von selbst versteht, die eigentlich astigmatischen Augen ausschliessen, lässt sich in dem Verhalten des Hornhautastigmatismus der beiden Augen kein Grund für das Auftreten der Differenz in der Refraction nachweisen.

Die Hypermetropen.

Zu dieser Gruppe gehörten nur 59 Augen, die sich auf 41 Individuen vertheilten. Bei 48 von diesen betrug die Hypermetropie weniger alz zwei Dioptrien.

Für den Hornhautastigmatismus ergab sich hier folgendes Verhalten:

9	Augen	0, —	< 0,25	D.		15,25 0/0
30	»	0,25	< 1,0	»		50,85 »
9	»		= 1,0	»		15,25 »
9	»	> 1	< 2	»		15,25 »
2	»		2	»	oder mehr	3,40 »
59	Augen					100,00 0/0

In Fig. 48 ist die Curve für den Hornhautastigmatismus gezeichnet; die dort ebenfalls eingetragene punktirte Curve stellt den bei den Hypermetropen gefundenen Totalastigmatismus dar.

52	Augen.....	0	D.		88,14 0/0
2	—	0,5	»		3,39 »
2	—	1,0	»		3,39 »
1	—	1,5	»		1,69 »
2	—	2	»	oder mehr	3,39 »
59	Augen				100,00 0/0

In Bezug auf den Unterschied im Hornhautastigmatismus zwischen beiden Augen fand sich bei 6 Schülern 0,5D. und bei einem 1 D. mehr auf dem einen Auge, als auf dem andern. Bei allen diesen bestand nur ein geringer oder kein Unterschied im Grad der Hypermetropie der beiden Augen.

Die Myopen.

Es fanden sich 328 myopische Augen auf 185 Schüler vertheilt. 143 Schüler hatten Myopie auf beiden Augen, 42 blos auf dem einen; bei letzteren zeigte das andere Auge bei 29 Emmetropie und bei 13 einfachen oder gemischten Astigmatismus.

Die Vertheilung der Myopie auf die verschiedenen Schüler ist bereits besprochen und aus Fig. 45 und 46 zu ersehen.

Der höchste Grad von Myopie, der vorkam, betrug 9 D. und wurde an den beiden Augen desselben Schülers angetroffen; ausserdem fand sich ein Auge mit 8 D. und 8 Augen mit 7 D. Myopie.

Die Häufigkeit und den Grad des Hornhautastigmatismus bei diesen 328 myopischen Augen ersieht man aus folgender Tabelle:

73	Augen	0,— <	0,25 D.		22,26 0/0
144	—	0,25 <	1,0 »		43,90 »
88		=	1,0 »		26,83 »
14	—	> 1,0 <	2,0 »		4,27 »
9	—		2,0 »	oder mehr	2,74 »
328	Augen				100,00 0/0

Die hiernach ausgeführte Curve sieht man in Fig. 49; die dort sich findende punktirte Curve gibt den Totalastigmatismus unter den Myopen an nach folgendem Procentverhältniss:

243	—	.....	0 D.		74,09 0/0
54	—	.....	0,5 »		16,46 »
18	—	.....	1 »		5,49 »
4	—	.....	1,5 »		1,22 »
9	—	.....	2. »	oder mehr	2,75 »
328	Augen				100,00 0/0

Von den Schülern mit Myopie auf beiden Augen fand sich bei 51 ein verschiedener Grad von Hornhautastigmatismus:

Individuen.	Unterschied im Hornhautastigmatismus.
41.....	0,5 à 0,75 D.
9.....	1 »
1.	2,5 »
51	

20 von diesen 51 zeigten auch einen verschiedenen Grad von Myopie:

Individuen.	Unterschied der Myopie.				
16	0,5 D.,	davon 9 mit grösster Myopie	auf dem	meist	astigm. Auge
9	1 »	4 »	»	»	»
2	1,5 »	0 »	»	»	»
2 >	1,5 »	1 »	»	»	»
29		14			

Somit hatten 14 Individuen grösste un 15 Individuen kleinste Myopie auf dem Auge, welches den grössten Hornhautastigmatismus aufwies. Hiernach scheint der Hornhautastigmatismus, wenn derselbe in verschiedenem Grade auf den beiden Augen auftritt, keine bestimmende Rolle bei einer sich entwickelnden Myopie zu spielen. Wir dürfen jedoch nicht vergessen, dass wir es hier nicht allein mit einer geringen Anzahl von Beobachtungen, sondern auch mit kleinen Unterschieden, sowohl bezüglich des Astigmatismus als bezüglich der Myopie, zu thun haben. Wo man einem grösseren, auf mehrere Dioptrien sich belaufenden Unterschied im Hornhautastisgmatismus der beiden Augen antrifft, und wo ausserdem das eine oder beide Augen sich myopisch erweisen, da wird man, meiner Erfahrung nach, als Regel Myopie, resp. grösste Myopie auf dem mindestastigmatischen Auge antreffen; letzteres wird nämlich auch im Besitz der grössten Sehstärke sich befinden und daher auch am meisten oder ausschliesslich zur Arbeit benutzt werden.

Eine ganz andere Frage ist es, ob das Auftreten von Hornhautastigmatismus in gleichem Grade auf beiden Augen für die Entwickelung von Myopie prädisponiren dürfte, wie Javal dies annimmt und Nordenson es durch seine Untersuchungen nachgewiesen zu haben meint (1). Dass der Astigmatismus ein wesentliches Moment für die Entwickelung von Myopie darbieten könnte, ist a priori nicht unwahrscheinlich, da das Object bei der Nahearbeit in Folge der herabgesetzten Sehschärfe dem Auge näher gebracht werden muss, wodurch sowohl die Accommodation als die Convergenz in mehr als gewöhnlicher Weise angespannt wird. Indessen ergibt sich aus Nordenson's Untersuchungen keineswegs ein solcher deutlicher Zusammenhang zwischen Hornhautastigmatismus und Myopie. Sollte der Hornhautastigmatismus für Kurzsichtigkeit prädisponiren, so

(1) Recherches, etc. Annal. d'Ocul., mars et avril 1883, pag. 31.

müssten wir ja doch besonders bei den höheren Graden von Myopie auch wieder eine grössere Procentzahl für Hornhautastigmatismus finden, als bei Emmetropie und Hypermetropie. Betrachten wir nun aber die Curven für den Hornhautastigmatismus in Fig. 47, 48 und 49, so gewahren wir eine ziemlich grosse Uebereinstimmung. Es finden sich unter den Myopen fast ebensoviel Augen ohne Hornhautastigmatismus, als unter den Emmetropen und letztere umfassen wieder nur 3 0/0 weniger Fälle von 1 D. Hornhautastigmatismus, als die Myopen. Den höheren Graden des Astigmatismus gegenüber (2 D. und mehr) verhalten Myopen und Hypermetropen sich so ziemlich einerlei. Wie eben bemerkt, müsste jene angenommene Prädisposition aber besonders bei den höheren Graden der Myopie erkennbar sein. Ich habe aus dem Grunde die Myopen in zwei Gruppen getheilt, deren eine, A, die niederen Grade der Myopie bis zu 2 D. und die andere, B, die höheren, 2 D. überschreitenden Grade enthält. Der Gruppe A gehören 201 Augen an, der Gruppe B 127 Augen. Aus der nachfolgenden Tabelle ersieht man die Procentverhältnisse, sowohl für sämmtliche Myopen, als für die Gruppen A und B.

Hornhautastigm. von	D. $0 < 0{,}25$	D. $0{,}25 < 1{,}0$	D. 1.	D. $> 1 < 2$	D. 2 u. mehr.
Sämmtliche Myopen	22,26	43,90	26,83	4,27	2,74 0/0
Gruppe A.....	23,38	47,26	24,38	2,00	2,98 »
Gruppe B.....	20,47	38,60	30,71	7,86	2,36 »

Fig. 50 zeigt die entsprechenden Curven. Einen stärker ausgesprochenen Unterschied in der Vertheilung des Astigmatismus der verschiedenen Grade kann man auch hier nicht entdecken; was sich aber von Abweichung findet, lässt sich so aussprechen: Hornhautastigmatismus von 0,25 und 0,5 D. kommt in der Gruppe A häufiger, und Hornhautastigmatismus von 1 und 1,5 D. kommt in A seltener vor, als dies in der Gruppe B der Fall ist. Die höheren Grade scheinen ziemlich gleichmässig über beide Gruppen sich zu vertheilen. Nach

dem Ergebniss dieser Untersuchung dürfte man vielleicht annehmen, dass die mittleren Grade von Astigmatismus eine gewisse Prädisposition für Myopie bedingen; einen wesentlichen Einfluss in dieser Beziehung darf man denselben aber nicht beilegen.

Eine andere Sache ist es, dass man bei den Myopen verhältnissmässig häufig Totalastigmatismus begegnet; die Erklärung dieser Erscheinung liegt aber in dem Umstand, dass die Myopen — wie sie ja im Ganzen ihre Accommodation weniger anwenden — auch weniger im Stande sind, den vorhandenen Hornhautastigmatismus durch Accommodation auszugleichen; denn dass letzteres Vermögen in dieser Beziehung vom grössten Einfluss ist, habe ich bereits ausgesprochen. Die Bereits ziemlich zahlreichen Beobachtungen über das Auftreten oder die Verstärkung des Astigmatismus nach Atropinisation sprechen auf das bestimmteste für diese Anschauung.

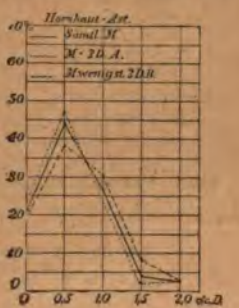


Fig. 50.

Vergleichen wir die Curven des Totalastigmatismus in Fig. 47, 48 und 49, so ergibt sich hier ein ganz anderes Verhalten, als bei den Curven des Hornhautastigmatismus. Während letztere in den drei verschiedenen Refractionszuständen kaum von einander abweichen, zeigen sich bei den ersteren recht wesentliche Unterschiede. Bei den Emmetropen begegnen 100 0/0 ohne Totalastigmatismus, bei den Hypermetropen 88 0/0, bei den Myopen aber nur 74 0/0. Die Curve der Myopen steigt auch lange nicht so steil empor, wie diejenige der Hypermetropen.

Totalastigmatismus.

Es wurden 204 mit Totalastigmatismus behaftete Augen nachgewiesen, d. h. 21 0/0 sämmtlicher Augen.

Einfacher Astigmatismus	103	Augen.
Gemischter Astigmatismus	9	»
Zusammengesetzter myopischer Astigmatismus.	85	»
Zusammengesetzter hypermetropischer Astig..	7	»
	204	Augen.

Wir ersehen hieraus, dass Astigmatismus nachgewiesen wurde: Bei 85 von 328 Myopen, oder bei 25,9 0/0, aber blos bei 7 von 59 Hypermetropen, oder bei 11,8 0/0.

Von den 204 Augen hatten:

130 Augen	0,5 D.	Astigmatismus	63,7	0/0
32 »	1,0 »	»	15,7	»
14 »	1,5 »	»	6,86	»
6 »	2,0 »	»	2,9	»
9 »	2,5 »	»	4,47	»
8 »	3,0 »	»	3,92	»
5 »	< 3,0 »	»	2,45	»
204 Augen			100,00	0/0

Das Verhalten des Hornhautastigmatismus bei diesen 204 Augen erhellt aus folgender Uebersicht:

10 Augen	0— < 0,25 D.		4,9	0/0
41 »	< 0,23 > 1 »		20,1	»
82 »	1 »		40,2	»
37 »	≥ 1 < 2 »		18,14	»
12 »	2 »		5,88	»
10 »	2,5 »		4,90	»
7 »	3,0 »		3,43	»
5 »	> 3,0 »		2,45	»
204 Augen			100,00	0/0

Die Curven des Total- und des Hornhautastigmatismus sind in Fig. 51 dargestellt.

Totalastigmatismus (0,5 D.) ohne entsprechenden Hornhautastigmatismus kam also nach obigem bei 10 Augen vor; bei 7 unter diesen 10 Augen lag der Meridian stärkster Brechung horizontal, bei welcher Lage in der Regel auch die schwächsten Grade von Astigmatismus sich zu erkennen geben. Unregelmässigkeiten in der Accommodation auf Seiten der Untersuchten und fehlerhafte Beobachtungen sind hierbei ebenfalls in Betracht zu ziehen. Uebrigens sieht man, dass die Curve des Totalastigmatismus hier, wie in Fig. 49, einen steilen Bogen darstellt, die sich stetig der Curve des Hornhautastigmatismus nähert und bei 2,5 D. mit derselben zusammenfällt.

Unter den 969 untersuchten Augen fanden sich 190 Augen ohne Hornhautastigmatismus (19,6 0/0). Bei 664 astigmatischen Augen war der verticale Meridian der meist brechende (63,5 0/0), bei 61 Augen war dies dagegen der horizontale (6,3 0/0), und bei 54 Augen hatte der meistbrechende Meridian eine schräge Richtung (5,6 0/0). Der Meridian stärkster Brechung für den Totalastigmatismus fiel so gut wie in allen Fällen fast genau mit dem meistbrechenden Meridian des Hornhautastigmatismus zusammen. — Die oben angegebenen Werthe stimmen nicht ganz mit den von Nordenson gefundenen überein. Letzterer hat z. B. blos 9,2 0/0 ohne Hornhautastigmatismus beobachtet. Da es sich jedoch in diesem Falle blos um kleine Gradunterschiede im Astigmatismus handeln kann, ist auf diese Abweichung kein weiteres Gewicht zu legen. Dagegen findet Nordenson 77,2 0/0 mit meistbrechender Verticalachse ; Abweichung von der Verticalachse constatirt er bei 13,4 0/0, von denen nur 1,3 0/0 Augen mit meistbrechender Horizontalachse angehören, während bei 12,1 0/0 der Meridian stärkster Brechung schräg gestellt war

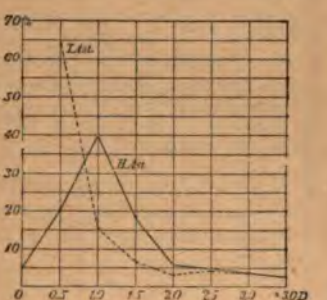


Fig. 51.

Nach meinen Beobachtungen betrugen die Abweichungen von der Verticalstellung 11,9 0/0, unter welchen der Meridian stärkster Brechung bei 6,3 0/0 horizontal und bei 5,6 0/0 schräg gestellt war.

In Bezug auf die Häufigkeit der Abweichungen von der Verticalstellung stimmen also die beiden Beobachtungsreihen recht gut; in Bezug auf die sonstige Vertheilung machen sich aber bedeutende Differenzen gelten. Der Grund der letzteren dürfte vielleicht darin gefunden werden, dass ich Meridianstellungen von 160° bis 20° — also Abweichungen von 20° nach beiden Seiten — unter die Verticallage miteinbefasst habe, und ebenso die Meridianstellungen von 70° bis 110° als Horizontalmeridiane habe gelten lassen. Als schräge Meridianstellungen sind demgemäss nur die Lagen von 20° bis 70° und von 110° bis 160° aufgefasst worden.

Hornh

Total-Astigmatismus,	0 D.	0,5 D.	1 D.	1,5 D.	2
0 D.	104 Em. 68 M. (22 / 46) 8 H.	250 Em. 124 M. (36 / 88) 29 H.	109 Em. 49 M. (19 / 30) 8 H.	6 Em. 2 M. (1 / 1) 7 H.	1 Em. — —
0,5 D.	5 M. (4 / 1) 1 H. 4 Ast. (3 m. / 1 h.)	17 M. (10 / 7) 1 H. 18 Ast. (17 m. / 1 h.)	30 M. (12 / 18) — 37 Ast. (31 m. / 6 h.)	2 M. (2 / ») — 15 Ast. (11 m. / 4 h.)	— — —
1 D.	— — —	3 M. (3 / ») — 2 Ast. (h.)	8 M. (7 / 1) 1 H. 4 Ast. (3 m. / 1 h.)	7 M. (6 / 1) 1 H. 4 Ast. (h.)	— — 2 Ast. (
1,5 D.	— — —	— — —	1 M. (1 / ») — 1 Ast. (h.)	3 M. (1 / 2) 1 H. 3 Ast. (2 m. / 1 gem.)	— — 4 Ast. (
2 D.	— —	— —	— —	 1 Ast. (m.)	1 M. (» / 1 —
2,5 D.	— —	— —	— —	— —	 2 Ast. (
3 D.	— — —	— — —	— — —	— — —	2 M. (1 / 1 1 H. —
4 D.	—	—	—	—	—
5 D.	— —	— —	— —	— —	— —
6 D.	—	—	—	—	—
	104 Em. 73 M. (26 / 47) 9 H. 4 Ast. 190	250 Em. 144 M. (49 / 95) 30 H. 20 Ast. 444	109 Em. 88 M. (39 / 49) 9 H. 42 Ast. 248	6 Em. 14 M. (10 / 4) 9 H. 23 Ast. 52	1 Em. 3 M. (1 / 2 1 H. 8 Ast. 1

ligmatismus.

2,5 D.	3 D.	3,5 D.	4 D.	5,5 D.	8 D.		
—	—	—	—	—	—	470 Em.	
—	—	—	—	—	—	243 M. (78 / 165)	765
—	—	—	—	—	—	52 H.	
—	—	—	—	—	—	54 M. (28 / 26)	
—	—	—	—	—	—	2 H.	130
—	—	—	—	—	—	74 Ast.	
—	—	—	—	—	—	18 M. (16 / 2)	
—	—	—	—	—	—	2 H.	32
—	—	—	—	—	—	12 Ast.	
—	—	—	—	—	—	4 M. (2 / 2)	
—	—	—	—	—	—	1 H.	14
. (m.)	—	—	—	—	—	2 Ast.	
—	—	—	—	—	—	1 M. (» / 1)	6
. (1 m. / 2 h.)	1 Ast. (m.)	—	—	—	—	5 Ast.	
(» / 1)	2 M. (2 / »)	—	—	—	—	3 M. (2 / 1)	9
(1 m. / 1 h. / 2gem.)	—	—	—	—	—	6 Ast.	
—	1 M. (» / 1)	—	—	—	—	3 M. (1 / 2)	8
—	—	—	—	—	—	1 H.	
gem.	2 Ast. (gem.)	1 Ast. (h.)	—	—	—	4 Ast.	
—	1 Ast. (gem.)	—	—	—	—	1 Ast.	1
—	—	—	2 M. (» / 2)	—	—	2 M. (» / 2)	3
—	—	—	—	1 Ast. (gem.)	—	1 Ast.	
—	—	—	—	—	1 H.	1 H.	1
—	—	—	—	—	—		969
(» / 1)	3 M. (2 / 1)	—	2 M. (» / 2)	—	—		
—	—	—	—	—	1 H.		
.	4 Ast.	1 Ast.	—	1 Ast.	—		
10	7	1	2	1	1	= 969	

Nach dem eben Besprochenen würde nun also das Auftreten des Totalastigmatismus ein ziemlich häufiges sein (21 0/0). Bei unserer Verhältnisszahl sind jedoch auch ganz niedrige Grade (wie 0,5 D.) mit in Rechnung genommen, die sonst jeder praktischen Bedeutung entbehren. Denn wenn man auch bisweilen sich zu einer Correction solcher niederen Grade veranlasst sieht, so wird man doch in der Regel erst dann zum Gebrauch von Cylindergläsern schreiten, wenn der Astigmatismus eine Höhe von 0,75 bis 1,0 D. erreicht hat, zumal, wenn diese Cylinder noch mit einem stärkeren sphärischen Glas combinirt werden müssen. Aber auch abgesehen von den Fällen, in welchen der Astigmatismus 1 D. nicht erreicht, bleiben doch immer noch 74 Augen oder 7,6 0/0 übrig, bei denen der Totalastigmatismus 1 D. erreicht oder überschreitet. Es ist dies, wie ich meine, ein Ergebniss von nicht ganz geringer Bedeutung, das wohl einige Aufmerksamkeit verdienen möchte. Denn wenn der Astigmatismus auch nicht gerade direct die Entwickelung der Kurzsichtigkeit begünstigt, so setzt derselbe doch jedenfalls die Sehschärfe in nichtgeringem Grade herab, und für das Individuum, dessen Arbeit grosse Forderungen an das Auge stellt, wird es immer als grosse Erleichterung empfunden werden, über die grösstmögliche Sehschärfe verfügen zu können.

Der besseren Uebersicht wegen habe ich auf der vorstehenden Tabelle (pag. 226 u. 227) das Resultat aller meiner Untersuchungen zusammengestellt. Diese Tabelle bedarf kaum einer weiteren Erklärung. Die oberste Zahlenreihe gibt den Hornhautastigmatismus in Dioptrien an. Die Zahlen der Verticalreihe zur Linken bezeichnen in derselben Weise den Totalastigmatismus. In der Parenthese neben den Myopen (M.) bezeichnet die obere Zahl die Anzahl der Augen mit einer Myopie von wenigstens 2 D., die untere Zahl dagegen die Anzahl der Augen mit einer Myopie von weniger als 2 D. In der Parenthese neben den Astigmatikern (Ast.) wird die Anzahl der Augen mit einfachem myopischem Astigmatismus durch (m.), mit einfachem hypermetropischem Astigmatismus durch (h.), und mit gemischtem Astigmatismus durch (gem.) bezeichnet.

Hornhautradien.

Es ist immer noch eine offene Frage, wie sich die Hornhaut während des Wachsthums verhält: ob ihre Radien überhaupt eine Veränderung erleiden und, falls so, in welchen Lebensjahren dieselbe eintritt.

Reuss wurde durch seine Untersuchungen von 95 Augen — Knaben von 7 bis 20 Jahren angehörend — zu dem Resultate geführt, dass die Krümmung der Hornhaut in den ersten 12 Lebensjahren keiner Veränderung unterliegt, später aber

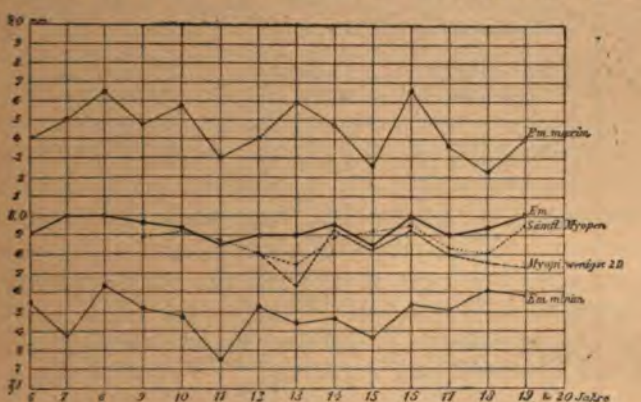


Fig. 52.

eine kleine Verstärkung erfährt. Nordenson hat unter seinen 452 Augen umfassenden Messungen keine derartige Vermehrung der Krümmung der Cornea gefunden. Das Resultat meiner Messungen ist, soweit es Emmetropen und Myopen betrifft, in nachfolgender Tabelle (p. 230) niedergelegt. Die Werthe der Hornhautradien sind hier für die Alter von 6 bis 19 Jahren berechnet, und zugleich sind die in den verschiedenen Gruppen vorkommenden Minimum- und Maximum-Werthe beigefügt.

Auf dem Diagramm in Fig. 52 sieht man die nach den obigen Zahlenwerthen construirten Curven: die der Emmetropen, die der sämmtlichen Myopen und die der hochgradigen Myopen. Ausserdem ist die Curve für die Maximum- und Minimumwerthe der Emmetropen beigefügt.

Die kleinen Unregelmässigkeiten im Verlaufe der Curve der

Alter.	Emmetropen.	Augen.	Sammtliche Myopen.	Augen.	Myopie wenigst 2 D.	Augen.	Myopie < 2 D.	Augen.
19 u. 20	8,025 { 7,575 / 8,40	11	7,952 { 7,64 / 8,38	15	7,74 { 7,64 / 8,03	5	8,003	10
18	7,94 { 7,62 / 8,225	9	7,808 { 7,44 / 8,222	39	7,77 { 7,45 / 8,022	20	7,842	19
17	7,905 { 7,52 / 8,358	32	7,832 { 7,18 / 8,35	58	7,79 { 7,18 / 7,35	34	7,912	24
16	8,003 { 7,533 / 8,675	42	7,975 { 7,592 / 8,38	47	7,95 { 7,592 / 8,28	16	9,786	31
15	7,862 { 7,368 / 8,34	42	7,925 { 7,55 / 8,50	44	7,83 { 7,575 / 8,29	19	8,02	25
14	7,95 { 7,475 / 8,456	38	7,89 { 7,535 / 8,24	36	7,925 { 7,575 / 8,24	15	7,86	21
13	7,902 { 7,43 / 8,60	49	7,756 { 7,38 / 8,105	20	7,63 { 7,61 / 7,685	4	7,785	16
12	7,902 { 7,533 / 8,405	43	7,80 { 7,557 / 8,32	25	7,82 { 7,566 / 8,32	11	7,78	14
11	7,85 { 7,243 / 8,307	33	7,877 { 7,21 / 8,23	13	7,985 —	1	7,87	12
10	7,94 { 7,48 / 7,58	30	7,925 { 7,595 / 8,545	10	— —	—	7,925	10
9	7,97 { 7,52 / 8,475	42	7,893 { 7,723 / 8,025	12	7,89 —	2	7,893	10
8	8,08 { 7,64 / 8,66	28	7,735 —	1	— —	—	7,735	1
7	8,00 { 7,37 / 8,50	36	7,927 { 7,82 / 8,32	6	— —	—	7,927	6
6	7,902 { 7,56 / 8,39	35	8,17 —	2	— —	—	8,07	2
	7,94		7,88		7,833		7,915	

Emmetropen verleiht derselben fast das Aussehen einer Wellenlinie ohne ausgesprochene Tendenz zum Steigen oder Fallen, so dass wir bereits hieraus den Schluss ableiten können, dass die Hornhautradien zwischen den Altern von 6 — 19 à 20 Jahren kaum eine Veränderung erleiden können, vorausgesetzt, dass das Auge seine Emmetropie bewahrt. Eine volle Gewissheit lässt sich jedoch in dieser Sache nicht erreichen, ehe Untersuchungen aus den verschiedenen Altersperioden desselben Individuums vorliegen.

Es ist übrigens auffällig, wie grosser Variationen der Hornhautradius bei demselben Refractionszustand fähig ist. Der grösste und kleinste Radius, den wir bei Emmetropen antreffen, beläuft sich resp. auf 8,675 Mm. und 7,243 Mm., oder in Dioptrien umgerechnet, auf 38,8 D, und 45,3 D., was eine Differenz von 6,5 D. ergibt. Aus dieser Thatsache erhellt dass die Grösse des Hornhautradius für den statthabenden Refractionszustand keine bestimmende Rolle spielen kann, ohne dass man jedoch in Abrede zu stellen braucht, dass diese Radien sich dennoch bei den verschiedenen Refractionszuständen etwas verschieden verhalten können. Ein kleiner Unterschied in solcher Beziehung ist in der That von allen Beobachtern constatirt, die sich mit ophthalmometrischen Messungen befasst haben, nur stimmen die Angaben derselben nicht recht überein. Donders und Reuss haben z. B. einen grösseren Radius bei den Myopen, im Vergleich zu den Emmetropen, gefunden; Mauthner, Nordenson und ich dagegen einen kleineren. Dagegen haben alle ausser Reuss bei den Hypermetropen einen grösseren Radius als bei den Emmetropen beobachtet. In nachfolgender Tabelle habe ich Nordenson's Tabelle K wiedergegeben, und derselben meine Durchschnittszahlen, sammt min. und max. Werthe für Emmetropen, Myopen und Hypermetropen (resp. 470, 328 und 59 Augen) beigefügt.

	Donders.	Mauthner.	Reuss.	Nordenson.	Schiötz.	
Emmetropen.	7,78	7,72	7,41	7,892	7,94	$\left\{\begin{matrix}7{,}243\\8{,}675\end{matrix}\right.$
Myopen.. ...	7,87	7,56	7,60	7,729	7,88	$\left\{\begin{matrix}7{,}18\\8{,}50\end{matrix}\right.$
Hypermetr. .	7,96	8,13	7,502	7,929	7,985	$\left\{\begin{matrix}7{,}40\\9{,}26\end{matrix}\right.$

Der Durchschnittswerth (7,88 Mm.) der sämmtlichen 328 Myopen ist blos 0,06 Mm. kleiner, als bei den Emmetropen. Da es sich aber zeigt, dass der Unterschied grösser wird, wenn wir die schwächeren Grade von Myopie ausscheiden und blos Myopen von wenigstens 2 D. berücksichtigen, so spricht dies Verhalten doch ziemlich entschieden dafür, dass das myopische Auge wirklich einen durchschnittlich kleineren Hornhautradius (7,833 Mm.) besitzt, als das emmetropische (Fig. 52). Verhält dies sich aber so, und ist die Kurzsichtigkeit ein Zustand, der sich in der Regel in der Zeit des Wachstums entwickelt, so folgt daraus mit Nothwendigkeit, dass die Formveränderungen, welche im Bulbus vorgehen, auch auf die Cornea sich erstrecken und eine, wenn auch geringe, Vermehrung der Krümmung dieser Membran hervorrufen; es ist aber diese Vermehrung der Hornhautwölbung zu geringfügig, um als ursächliches Moment der Myopie mit in Betracht gezogen zu werden.

Oben sahen wir, dass bei den 127 Augen mit einer Myopie von mindestens 2 D. der Durchschnittsradius 7,833 Mm. betrug, d. h. 0,107 Mm. weniger, als der Durchschnittsradius der emmetropischen Augen. Wenn wir nun in dem schematischen Auge Listing's statt des dort angenommenen (Helmholtz pag. 68) Hornhautradius von 8 Mm., einen Radius von 7,94 Mm. substituiren, wie wir denselben beim emmetropischen Auge ermittelt haben, so wird die hintere Brennweite des Auges 19,99 Mm. betragen; bei einem Hornhautradius von 7,833 Mm. dagegen würde die hintere Brennweite auf 19,844 Mm. sich verkürzen und der Brennpunkt somit 0,146 Mm. vor der Netzhaut im emmetropischen Auge fallen. Eine solche Verrückung des Brennpunktes würde, unter übrigens unveränderten Verhältnissen des Auges, in letzterem eine Myopie von 0,5 Dioptrien erzeugen.

$$l = \frac{\varphi . \varphi'}{l'} = \frac{14{,}83 \times 19{,}844}{0{,}146} = 2016 \text{ Mm.}$$

Diese Annahme einer kleinen Vermehrung der Hornhautkrümmung wird nicht durch den Umstand widerlegt, dass wir nicht selten bei beiden Augen genau denselben Hornhautradius antreffen, trotzdem, dass das eine Auge stark myopisch und das andere emmetropisch sich ausweist. (Bei einem der Schüler

betrug die Myopie des kurzsichtigen Auges sogar 5 D.) Als Gegengewicht gegen diesen Einwand findet man nämlich oft genug Unterschiede von 0,2 und 0,3 Mm. im Radius beider Corneen, ohne dass in den Refractionsverhältnissen der Augen eine Differenz zu entdecken ist.

Wie bereits bemerkt, hat man bei Hypermetropie durchgehends einen grösseren Radius gefunden, als bei Emmetropie; doch ist auch hier der Unterschied nur unbedeutend — bei Nordenson 0,037 Mm., bei meinen Messungen 0,045 Mm. Darf man annehmen, dass das menschliche Auge in der Kindheit in der Regel hypermetropisch ist, und dass somit die Emmetropie sich gewöhnlich erst aus der Hypermetropie herausbilden muss, so würden wir auch hier unter den zu diesem Behuf nothwendigen Formveränderungen des Bulbus eine kleine Krümmungsvermehrung der Hornhaut constatiren können.

Der Maximalwerth 9,26 Mm. (36,4 D.) ist ungewöhnlich und gehört einem Auge mit 8 Dioptrien Hornhautastigmatismus an. (Der Radius des anderen Meridians betrug 7,58 Mm. = 44,4 D.) Doch wurden unter den Hypermetropen noch zwei andere Augen mit einem Radius von 9,15 Mm. gefunden, während der Astigmatismus derselben nur 1 und 1,5 D. betrug. Schliesslich ist hier noch darauf aufmerksam zu machen, dass die angegebenen Werthe der Radiengrösse überall vom Radius des Meridian der schwächsten Brechung zu verstehen sind.

Die restirenden 112 Augen bestanden aus Augen mit einfachem oder gemischtem Astigmatismus. Bei diesen betrug der Durchschnittswerth des Radius 8,022 Mm., neben einem Minimum- und Maximumwerth von 7,434 Mm. und 8,80 Mm. 76 von diesen Augen zeigten einfachen myopischen Astigmatismus, dessen mindestbrechender Meridian somit emmetropisch sein muss. Für letztere Augen wurde ein Durchschnittsradius von genau 8 Mm. ermittelt.

XX

UEBER DIE ZWECKMÄSSIGSTE WEISE

DER

AUFZEICHNUNG BEI OPTOMETRISCHEN UNTERSUCHUNGEN.

Von Dr. med. Hj. SCHIÖTZ in Christiania.

(Mit 1 Holzschnitt.)

(*Arch. f. Augenheilk*, 1886, Bd. VI, S. 190.)

Es ist unter allen Umständen ein Gewinn, wenn man in kurzen technischen Ausdrücken die Resultate seiner Untersuchungen aufzuzeichnen vermag; lassen sich statt eines längeren erklärenden Textes feststehende Zeichen oder Abkürzungen anwenden, so ist dies noch vortheilhafter; überhaupt wird man sagen dürfen : je weniger man zu schreiben hat, um so besser; wenn nur durch die Kürze nichts an Deutlichkeit verloren geht. Sollen derartige technische Kürzungen jedoch eine wirkliche Erleichterung gewähren, so müssen dieselben selbstverständlich allgemein verstanden werden und anerkannt sein.

Die dermalen gebräuchliche Schreibweise für die Resultate der optometrischen Untersuchungen, sowie bei der Verordnung von Brillen, leidet gerade in Beziehung auf die Kürze des Ausdruckes an wesentlichen Mängeln und würde deshalb, wie ich meine, zweckmässig durch eine andere ersetzt werden.

Von solchen Mängeln möchte ich folgende hervorheben :

Zunächst begegnet uns die unablässige Wiederholung der Be-

zeichnungen : „rechtes Auge, linkes Auge oder o. d., o. s.“ — ein an und für sich geringfügiger Uebelstand, der sich jedoch leicht beseitigen lässt.

Demnächst ist man — im Fall von Astigmatismus — genöthigt, der Nummer des Glases ein „cyl.“ beizufügen, und hat ausserdem noch die Achse des Glases näher zu bestimmen — vertical, horizontal, so und so viel Grade rechts oder links von der Verticalen u. s. w.

Soll endlich ein sphärisches Glas mit einem Cylinder combinirt werden, so hat man nicht allein das Zeichen ⌒ zwischen die Nummern der beiden Gläser zu setzen, sondern ausserdem noch die Achse des Cylinders anzugeben oder zu zeichnen.

Diese Bezeichnungsweise ist unter allen Umständen umständlich, und wenn auch die Unbeholfenheit derselben bei der Verschreibung von Brillen durch Anwendung gedruckter „Brillenzettel“ weniger fühlbar gemacht werden kann, so macht dieselbe sich doch in vollem Maasse geltend, wenn es sich um die Aufzeichnung der gefundenen Resultate im eigenen Protocolle handelt.

Diesen Uebelständen entgeht man durch die ausgezeichnete Schreibweise, welche Javal schon vor längerer Zeit vorgeschlagen hat. Es lässt dieselbe in Bezug auf Kürze und Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig, und ich zweifle nicht daran, dass dieselbe mit der Zeit die allgemeine Vebreitung erlangen wird, die sie ihrer vielfachen Vorzüge wegen unstreitig verdient. Wer dieselbe nur einmal versucht hat, wird nie wieder zur älteren Methode zurückkehren.

Die Javal'sche Schreibweise beruht auf folgenden Grundsätzen. Ein Semicolon trennt den Befund der beiden Augen; was auf der Rechen des Semicolon steht, gilt dem rechten Auge; was auf der Linken steht, dem linken. Man muss sich vorstellen, dass man die Brillen an den Stangen vor sich hält und im Begriffe ist, sich dieselben selbst aufzusetzen; dabei hat man selbstverständlich — weil man die Brillen von hinten sieht — das Glas des rechten Auges auf der Rechten und dasjenige des linken Auges auf der Linken. Die Einfassung der Gläser denkt man sich durch eine Horizontale in zwei Hälften getheilt und die untere Hälfte mit einer Gradeintheilung versehen, so dass 0° mit dem linken Ende und 180° mit dem rechten

Ende jener Horizontalen zusammenfällt. 90° bezeichnet demgemäss die Verticale.

Der grösste Vortheil der Javal'schen Bezeichnung besteht jedoch darin, dass man nach derselben bei Astigmatismus immer nur den am schwächsten brechenden Meridian des Auges angibt, und nicht die Achse des Glases. Dem beabsichtigten Zwecke ist ja auch hierdurch vollkommen genügt, denn Jedermann weiss, dass ein Cylinderglas in dem senkrecht auf seiner Achse stehenden Meridian seine Hauptwirkung übt. Will man nun einen convexen Cylinder anwenden, um durch denselben das Brechungsvermögen des mindestbrechenden Meridians zu verstärken, so muss selbstverständlich die Achse des Glases mit dem meistbrechenden Meridian zusammenfallen; will man dagegen durch einen concaven Cylinder das Brechungsvermögen des meistbrechenden Meridians abschwächen, so wird bie Achse des Glases mit letztgenanntem Meridian einen rechten Winkel bilden müssen.

Findet man also z. B. auf dem linken Auge einen einfachen hypermetropischen Astigmatismus von 2 D. und auf dem rechten einen einfachen myopischen Astigmatismus von 2 D., so schreibt man, wen die Meridiane stärkster Brechung respective 165° und 30° sind, in folgender Weise :

$$165^{0} + 2 \; ; \; 30^{0} - 2.$$

Es würde dieselbe nach der gewöhnlichen Ausdrucksweise in folgender Gestalt wiederzugeben sein :

O. s. + 2 D. cyl.; Achse des Glases 15° links von der Verticalen (Brille von hinten gesehen).

O. d. — 2 C. cyl.; Achse des Glases 120° rechts von der Verticalen.

Welche dieser Ausdrucksweisen die kürzeste und klarste ist, bedarf keiner Erörterung.

Wo man zu Correction des Astigmatismus einen Convexcylinder benutzt, wird der mindestbrechende Meridian dem meistbrechenden gleich gemacht; bei Anwendung eines Concavcylinders dagegen wird der meistbrechende Meridian dem mindestbrechenden gleicht gemacht. Das auge erhält somit im ersten Falle die Refraction des meistbre-

chenden, im zweiten Falle diejenige des mindestbrechenden Meridians.

Wenn man nun zur vollständigen Correction des Auges ausser dem Cylinder noch ein sphärisches Glas anwenden muss, so ergibt dies einen Ausdruck von folgender Gestalt:

$$165^0 + 2 + 3 \quad ; \quad 15^0 - 2 - 4,$$

in welchem die dritte Zahl auf das sphärische Glas Bezug hat, oder, wenn man so will, auf die Refraction des Auges nach geschehener Correction des Astigmatismus. Nach der gewöhnlichen Bezeichnung hätte man in diesem Falle — für das rechte Auge — zu schreiben:

O. d. — 4 D. sph. ○ — 2 D. cyl.; Achse des Glases u. s. w.

Findet man schlechthin Emmetropie, so braucht man die Bezeichnung:

$$0 \quad ; \quad 0$$

Bei einfacher Hypermetropie oder Myopie schreibt man:

$$0 + 3 \quad ; \quad 0 - 4.$$

Eine Brillenvorschrift erhält demgemäss eine sehr einfache Gestalt, etwa:

Brille: $150^0 + 3 - 1$; $0 - 2$.
Pupillen-Distance: 6,2 cm.

Es versteht sich, dass der Optiker darüber zu instruiren ist, dass der concave Cylinder parallel mit, und der convexe senkrecht auf den durch die Gradangabe angedeuteten Meridian zu stehen hat; derselbe muss ferner wissen, dass die dritte Zahl das sphärische Glas bedeutet, sowie dass eine alleinstehende Zahl ebenfalls ein sphärisches Glas andeutet. Letzteres ergibt sich übrigens eigentlich von selbst, da die Gradangabe und das Cylinderglas zueinander gehören.

Um dem Einwand zu begegnen, dass nicht jeder Optiker ohne Weiteres die oben geschriebene kurze Brillenangebung verstehen könne, habe ich Brillenzettel nach beigefügtem Schema drucken lassen. Notirt man hier die Gläser, die man wünscht, nach der Javal'schen Schreibweise, so nehme ich an, dass jeder Optiker ohne Schwierigkeit den Brillenzettel

verstehen und die Achse des Cylinderglases richtig einstellen wird, auch ohne dass man diese an der graduirten Brillenzeichnung weiter angibt.

Brillenzettel.

	Links.			Rechts.		
	Gr.	Cyl.	Sph.	Gr.	Cyl.	Sph.
Brille	———	———	———;	———	———	———
Lorgnet	———	———	———;	———	———	———

Pupillen-Distance ———

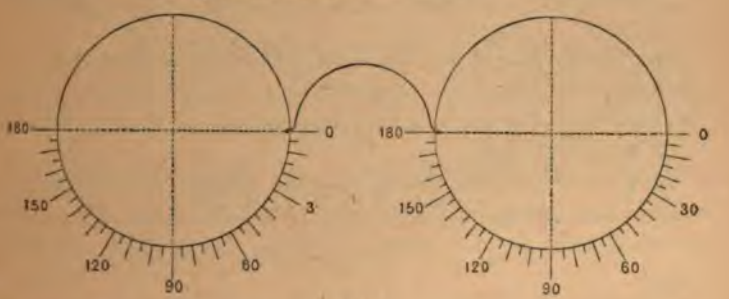


Fig. 53.

NB. Für den Optiker:

Die Achse des **Minus**-Cylinders ist parallel mit, die Achse des **Plus**-Cylinders senkrecht auf die angegebenen Grade zu stellen (die den Meridian schwächster Brechung im Auge angeben).

Muschelförmige $\left\{\begin{matrix}\text{blau}\\\text{grau}\end{matrix}\right\}$ A B C D E

Christiania, ——— 188

Die Gradeintheilung auf dem Javal-Schiötz'schen Ophthalmometer ist nach dem Javal'schen Optometer ausgeführt, so dass man nach beendeter Untersuchung einfach den meistbrechenden Meridian ablesen und notiren kann. Vermittelst des Ophthalmometers findet man aber nur den Unterschied zwischen den beiden Hauptmeridianen der Cornea, so dass die Frage noch offen bleibt, ob man zur Correction sich eines Plus- oder Minus-Cylinders zu bedienen hat. Aus diesem Grunde setzt man bei der Aufzeichnung ein ± vor die Zahl, welche den Grad des Astigmatismus — in Dioptrien ausgedrückt — bezeichnet.

Ich erlaube mir zur Illustration ein paar Fälle aus meinem Protocolle vorzulegen :

1.	3.
43,5; 43,2	40,9; 40,45
$20^0 \pm 1{,}5$; $165^0 \pm 2$	$0^0 \pm 3$; $10^0 \pm 3$
$25^0 + 2 + 3$; $165^0 + 2 - 3$	$8^0 - 3{,}5 - 2{,}5$; $10^0 - 3{,}5 - 0{,}5$
20/30 20/50	20/40 20/30
2.	**4.**
43,5; 42,8	45,0; 44,2
$0^0 \pm 0{,}5$; $0^0 \pm 0{,}3$	$175^0 \pm 0{,}5$; $5^0 \pm 1{,}4$
" " "; " " "	" " $- 5$; $5^0 + 1$ "
20/20 20/20	20/30 20/30

Die Zahlen der ersten Zeile bezeichnen die Brennweite der Hornhaut in Dioptrien ausgedrückt; die im letzten Fall (4) angegebenen Zahlen 45 ; 44,2 entsprechen z. B. den Radien : 7,49 Mm.; 7,63 Mm.

In der zweiten Zeile findet man das Resultat der ophthalmometrischen Untersuchung, in der dritten dasjenige der optometrischen, und in der vierten endlich die Angabe der Sehschärfe.

Eine kürzere und übersichtlichere Schreibweise lässt sich, meiner Meinung nach, nicht denken. Ich kann daher nicht umhin, schliesslich noch den Wunsch auszusprechen, dass diese Bezeichnungsart allgemein adoptirt werden möchte.

[Je me suis permis d'introduire dans ce qui précède de légers changements de rédaction qui ont nécessité une modification de la fig. 53.]

XXI

RECHERCHES SUR LES RELATIONS

QUI EXISTENT

ENTRE LA COURBURE DE LA CORNÉE

LA CIRCONFÉRENCE DE LA TÊTE

ET LA TAILLE

par les Drs BOURGEOIS, Médecin-major,
et TSCHERNING, Directeur adjoint du laboratoire d'ophtalmologie à la Sorbonne.

(*Annales d'oculistique*, 1886, T. XCVI, p. 203).

Pendant les mois d'avril et de mai 1885, nous avons, à l'instigation de M. le Dr Javal, mesuré les rayons de courbure de la cornée chez un certain nombre de soldats appartenant au 7e régiment de cuirassiers. Notre but était de rechercher les rapports qui pourraient exister entre la courbure de la cornée, la taille des sujets en expérience et la circonférence de leur tête.

Nos examens ont été pratiqués de la manière suivante : La taille était mesurée d'abord au moyen de la toise réglementaire. Puis on prenait le tour de la tête en plaçant un ruban métrique (en cuir) au niveau de la protubérance occipitale externe pour le ramener sur le front au-dessus des sourcils. Ensuite on examinait l'acuité visuelle de chaque œil sans emploi de lunettes, et l'on notait les cas dans lesquels cette acuité était moindre que

5/5. Enfin on mesurait le rayon de courbure de la cornée et l'astigmatisme cornéen au moyen de l'ophtalmomètre de MM. Javal et Schiötz.

Si l'on veut faire des recherches statistiques pour savoir quelle est l'influence d'un facteur quelconque sur une grandeur variable, il faut choisir les sujets de façon que les autres facteurs, qui pourraient influer sur cette grandeur, varient aussi peu que possible. On connaît peu les facteurs qui agissent sur la grandeur du rayon de courbure de la cornée; outre la taille, il est probable que l'âge, le sexe, la nationalité et la réfraction oculaire peuvent avoir une certaine influence. De ces quatre derniers facteurs, trois se trouvent exclus de nos recherches, puisque les examinés étaient tous des Français âgés de 21 à 25 ans. Quant à la réfraction parmi les 210 hommes soumis à notre observation, il y en avait 7 possédant une acuité (sans verres correcteurs) $< 5/5$; ils ne figurent pas dans nos tableaux.

De cette façon, nous avons éliminé les myopes; mais il pourrait bien rester quelques hypermétropes d'un faible degré, assurément dans une proportion trop minime pour être pris en considération. D'ailleurs la courbure de la cornée n'est que peu influencée par la réfraction.

D'un autre côté, il faut avoir soin que le facteur, dont on examine l'influence, puisse varier autant que possible. Cette condition est, dans nos recherches, remplie pour la circonférence de la tête, qui varie, à peu près, entre ses limites physiologiques.

Il n'en est pas de même pour la taille; les sujets examinés comptent parmi les hommes les plus grands de l'armée. Actuellement le minimum de taille exigé des cuirassiers est 1^m70; tandis qu'au moment de nos expériences il y avait quelques tailles de 1^m67 à 1^m70.

Le chiffre qu'on lit sur l'instrument de MM. Javal et Schiötz indique, comme on sait, en cas d'astigmatisme le rayon de courbure le plus grand de la cornée. Dans les tableaux qui suivent, nous avons réduit ce chiffre à la moyenne entre le plus grand et le plus petit rayon de courbure.

Une des premières choses que l'on constate, et qui a été notée par tous les observateurs, c'est qu'il y a peu de différence entre

les courbures des cornées de la même personne. Dans le tableau suivant, la première ligne indique la différence de réfraction (1) des deux cornées en dixièmes de dioptries; la deuxième, le nombre de sujets chez lesquels cette différence a été trouvée; la troisième, les pour cent. Une différence de 1/10 D correspond à peu près à une différence entre les rayons égale à $0^{mm},02$ (deux centièmes de millimètre).

TABLEAU I

Différence entre la réfraction des deux cornées.	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	TOTAL
Nombre.....	70	54	40	19	11	5	0	2	2	203
Pour cent..... ...	34	27	20	9	5	2	0	1	1	100

On voit qu'une différence plus grande qu'une demi-dioptrie ne se trouve que chez 2 0/0 des examinés.

A cause de cet accord qui règne entre la courbure des deux cornées du même sujet, nous n'avons, dans les tableaux suivants, indiqué qu'une seule valeur pour chaque individu, en prenant, quand il y avait une différence entre les deux yeux, le rayon le plus petit.

Cela posé, examinons les résultats auxquels nous sommes arrivés.

La moyenne de la réfraction de la cornée chez les 203 hommes que nous avons examinés est 43.1, correspondant à un rayon de courbure de 7.82. La réfraction la plus faible que nous ayons trouvée était 37.8, située à 45° chez un homme ayant un astigmatisme de 3.5. Cela correspond à un rayon de courbure de 8.92. Cet homme ne figure pas aux tableaux, son acuité visuelle étant moindre que 5/5. La réfraction la plus forte était de 46.8 ($r = 7.20$); c'était le méridien vertical des deux yeux d'un homme qui avait un astigmatisme de 1 dioptrie selon la règle. — Nous ajouterons ici les chiffres trouvés

(1) On sait que MM. Javal et Schiötz mesurent la « réfraction » de la cornée en exprimant la distance focale antérieure en dioptries. On peut se figurer la cornée remplacée par une lentille, entourée des deux côtés du même milieu, placée dans le centre de courbure de la cornée et ayant une distance focale égale à la distance focale antérieure de la cornée.

par d'autres observateurs sur des emmétropes âgés de plus de 20 ans.

TABLEAU II*a*. — Relations entre la circonférence de la tête et la réfraction de la cornée.

Circonférence de la tête.	Réfraction de la cornée														Total.
	<40	40.1 à 40.5	40.6 à 41	41.1 à 41.5	41.6 à 42	42.1 à 42.5	42.6 à 43	43.1 à 43.5	43 6 à 44	44.1 à 44.5	44.6 à 45	45.1 à 45.5	45.6 à 46	46.1 à 46.5	
0,52										1	1				2
0,53	1			1	1		1	1			1	1			7
0,54	1		1	3	1	4	2	3	5	6	2	2	1		31
0,55		1	1	4	4	9	5	8	11	10	6			1	60
0,56		1	1	2	2	6	7	9	2	6	1	2	1	1	41
0,57	1	2		8	2	3	6	5	9	1	4	1	1		43
0,58		1	1	1	2	2	1	6	1	1	1				17
0,59				1											1
0,60									1						1
Total.	3	5	4	20	12	24	22	32	29	25	16	6	3	2	203

On peut se faire une idée plus complète de la répartition des différentes valeurs de la réfraction (ou rayon) cornéenne, en construisant, selon la méthode de *Quetelet* (1), les courbes dites binomiales.

Si l'on élève un binôme à une puissance quelconque, le résultat forme une suite de termes dont chaque consiste en les deux membres du binôme avec leurs exposants et un coefficient, par ex.

$$(a+b)^5 = a^5 + 5a^4b + 10a^3b^2 + 10a^2b^3 + 5ab^4 + b^5$$

Les coefficients forment une suite, dans notre exemple la suivante :

$$1 — 5 — 10 — 10 — 5 — 1$$

qui, entre autres choses, a ceci de caractéristique : que la somme des termes est égale à 2^m, si m est l'exposant du binôme.

(1) Quetelet. Anthropométrie, Bruxelles, 1871.

TABLEAU II *b*. — RELATIONS ENTRE LA TAILLE ET LA RÉFRACTION DE LA CORNÉE.

TAILLE	RÉFRACTION DE LA CORNÉE														Total.
	<40	40.1 à 40.5	40.6 à 41	41.1 à 41.5	41.6 à 42	42.1 à 42.5	42.6 à 43	43.1 à 43.5	43.6 à 44	44.1 à 44.5	44.6 à 45	45.1 à 45.5	45.6 à 46	46.1 à 46.5	
1,67				1	1			2		1	1				6
1,68						1		1		1					3
1,69		1		2		3		1	2	3	1	1			14
1,70	1	2		3	1	3	3	8		4	4			1	30
1,71			1	3	1	3	6	4	7	5	4	2			36
1,72		1		3	1	2	2	6	3	6	2	1			27
1,73		1		3	4	3	4	2	5	2	1		1		26
1,74	1		2	2	1	3	3	2	5	2	2	1	1		25
1,75	1		1		1	3	2	3	4				1		16
1,76				2	1	2	2	2	3	1	1	1			15
1,77					1										1
1,78						1		1							2
1,79															
≥ 1,80				1										1	2
Total.	3	5	4	20	12	24	22	32	29	25	16	6	3	2	203

TABLEAU II *c*. — RELATIONS ENTRE LA TAILLE ET LA CIRCONFÉRENCE DE LA TÊTE.

TAILLE	CIRCONFÉRENCE DE LA TÊTE									Total.
	0m,52	0m,53	0m,54	0m,55	0m,56	0m,57	0m,58	0m,59	0m,60	
1m,67.			3	2		1				6
1m,68.			1	2						3
1m,69.			3	2		3				14
1m,70.	1	3	9	5	6	4	2			30
1m,71.		1	5	12	6	10	1		1	36
1m,72.		1	2	11	7	2	4			27
1m,73.		1	2	5	7	8	3			26
1m,74.	1	1	3	8	6	5		1		25
1m,75.			2	5	3	2	4			16
1m,76.			1	3	4	5	2			15
1m,77.							1			1
1m,78.						2				2
1m,79.										
≥ 1m,80.				1		1				2
Total..	2	7	31	60	41	43	17	1	1	203

TABLEAU III

	Maximum.	Moyenne.	Minimum.
Donders (1). { 90 sujets. Ophtalmom. de Helmholtz.		7,853	
Mauthner (2) { 7 sujets. Ophtalmom. de Helmholtz.	8.04	7,67	7,51
Bourgeois et Tscherning. { 203 sujets. Ophtalm. de Javal et Schiötz.	8.92	7,82	7,20

Pour tracer la courbe binomiale, on marque, sur une ligne horizontale des points à des distances égales entre elles et sur les verticales passant par ces points des quantités proportionnelles aux termes d'une suite des coefficients binomiaux; par exemple, on marque sur la verticale passant par le premier point une quantité = 1, sur celle passant par le deuxième une quantité = 5, etc... puis en joignant les points ainsi marqués on a la courbe binomiale. — Les recherches de Quetelet ont montré qu'on obtient des courbes binomiales, si, après avoir mesuré la taille d'un grand nombre d'hommes, on marque sur la ligne horizontale les variations de la taille, et sur la verticale passant par chaque point, le nombre d'hommes qui avaient la taille indiquée par ce point. Des recherches ultérieures ont démontré que cette loi est applicable non seulement à la taille, mais aussi aux dimensions des différentes parties du corps humain, et même à propos des phénomènes qu'on croirait tout à fait irréguliers, comme par exemple les erreurs de pointé dans le tir à la cible ou les erreurs que l'on commet en observant plusieurs fois le même phénomène, etc.

Voyons maintenant comment les résultats de nos recherches s'accordent avec la loi de Quetelet. Le tableau IV*a* et la courbe I*a* montrent la répartition des valeurs différentes du rayon de courbure de la cornée (la courbe pointillée est la courbe binomiale calculée).

(1) *Anomalies of the Refraction, etc.*, p. 89. Une partie de ses examinés étaient amétropes.

(2) *Refractionsanomalien*, p. 398.

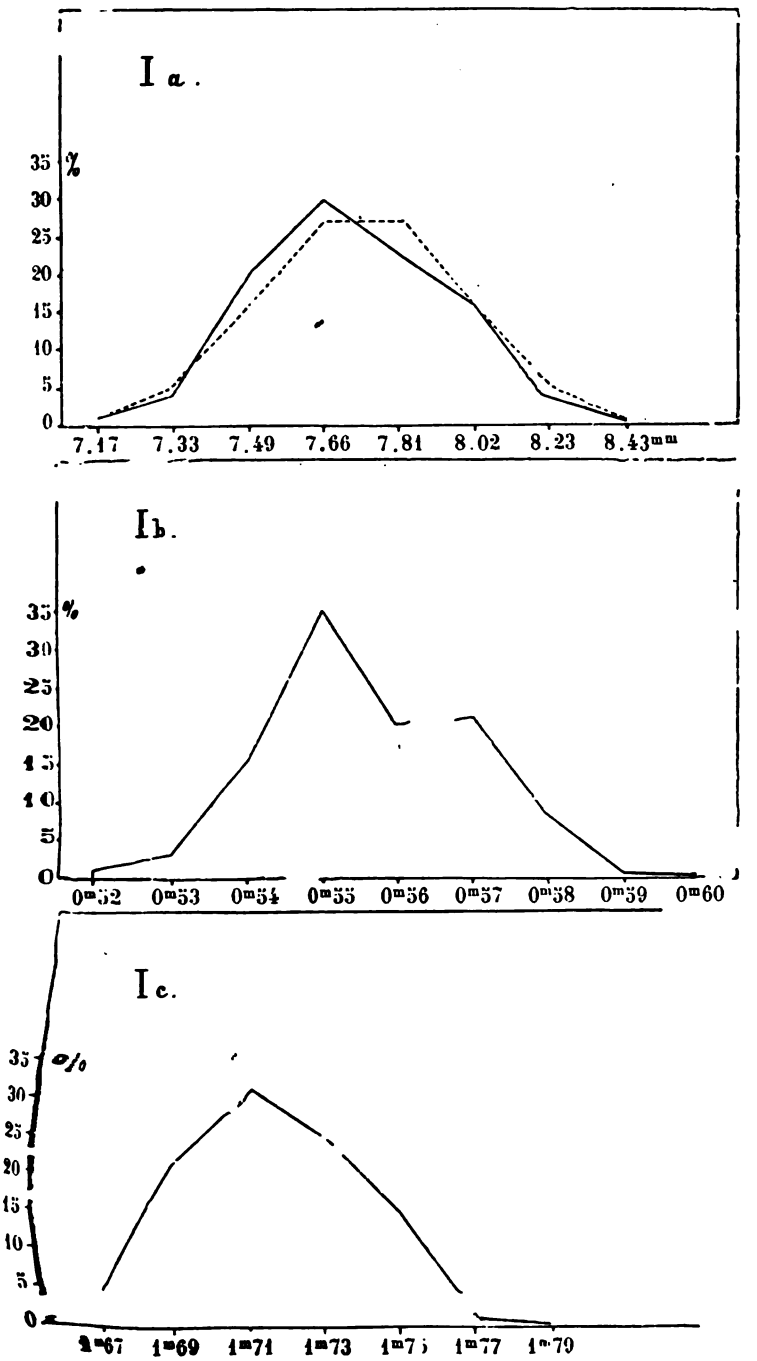


Fig. 54, 55 et 56.

TABLEAU IV *a*.

Rayon de courbure de la cornée.	7.17	7.33	7.49	7.66	7.84	8.02	8.22	8.43	Total
Nombre.....	2	9	41	61	46	32	9	9	203
Pour cent.....	1	4	20	30	23	16	4	3	100
Suite des coefficients binomiaux.....	1	7	21	35	35	21	7	1	128
Pour cent.....	1	5	16	27	27	16	5	1	100

Les tableaux IV*b* et IV*c* et les courbes I*b* et I*c* montrent la même chose pour la circonférence de la tête et la taille.

TABLEAU IV *b*.

Circonférence de la tête.	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	TOTAL
Nombre.....	2	7	31	60	41	43	17	1	1	203
Pour cent.....	1	3	15	30	20	21	8	0.5	0.5	100

TABLEAU IV *c*.

TAILLE	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79	1,80	TOTAL
Pour cent.	6	3	14	30	36	27	26	25	16	15	1	2	0	2	203
Nombre..	4		22		31		25		15		1,5		1		100

On voit que :

1° L'accord entre la courbe des rayons de la cornée et la courbe binomiale calculée est assez grand, eu égard au petit nombre d'examinés. Seulement la courbe trouvée est un peu oblique.

2° En comparant les trois courbes I*a*, I*b* et I*c* on remarque qu'il y a une certaine ressemblance entre elles ; en effet, elles

sont obliques toutes les trois et du même côté. On constate, de plus, que l'obliquité est plus petite pour le rayon de courbure (I*a*) et plus grande pour la taille (I*c*). Pour cette dernière, l'obliquité dépend évidemment de ce que les cuirassiers ne sont pas choisis parmi tous les jeunes gens, mais seulement parmi les plus grands. La ressemblance entre cette courbe et les autres indique déjà qu'il existe un rapport entre la taille et la circonférence de la tête, et entre la taille et la courbure de la cornée ; de plus, on voit que l'influence de la taille sur la tête est plus grande que sur la cornée.

Dans le tableau V*a*. nous avons divisé les examinés en deux groupes : ceux qui avaient une circonférence de la tête entre 0m52 et 0m55 et ceux chez lesquels elle était entre 0m56 et 0m60. Les courbes II*a*. se rapportent à ce tableau ; la courbe pleine appartient au premier groupe, la courbe pointillée au second. On voit que la courbe pointillée est déplacée à droite vers le côté des rayons plus grands, c'est-à-dire qu'aux têtes plus fortes correspondent en général des rayons de cornée plus grands.

Les tableaux V*b*. et V*c*. et les courbes II*b*. et II*c*. montrent l'influence de la taille sur le rayon de la cornée et sur la circonférence de la tête. Les courbes pointillées appartiennent aux hommes d'une taille de 1m73-1m80, les courbes pleines à ceux d'une taille de 1m67-1m72. Dans les deux figures, la courbe pointillée est déplacée à droite, c'est-à-dire qu'à une taille plus élevée correspond en général une tête plus forte et une cornée moins courbée.

TABLEAU V*a*.

Rayon de courbure de la cornée.	7.17	7.33	7.49	7.66	7.84	8.02	8.22	8.43	Total.
Circonférence de la tête :									
0m,52-0m,55.....	1	4	27	28	21	14	3	2	100
0m,56-0m,60.....	1	5	14	33	25	18	6	1	103
0/0 { 0m,52-0m,55..	1	4	27	28	21	14	3	2	100
0/0 { 0m,56-0m,60..	1	5	14	32	24	17	6	1	100

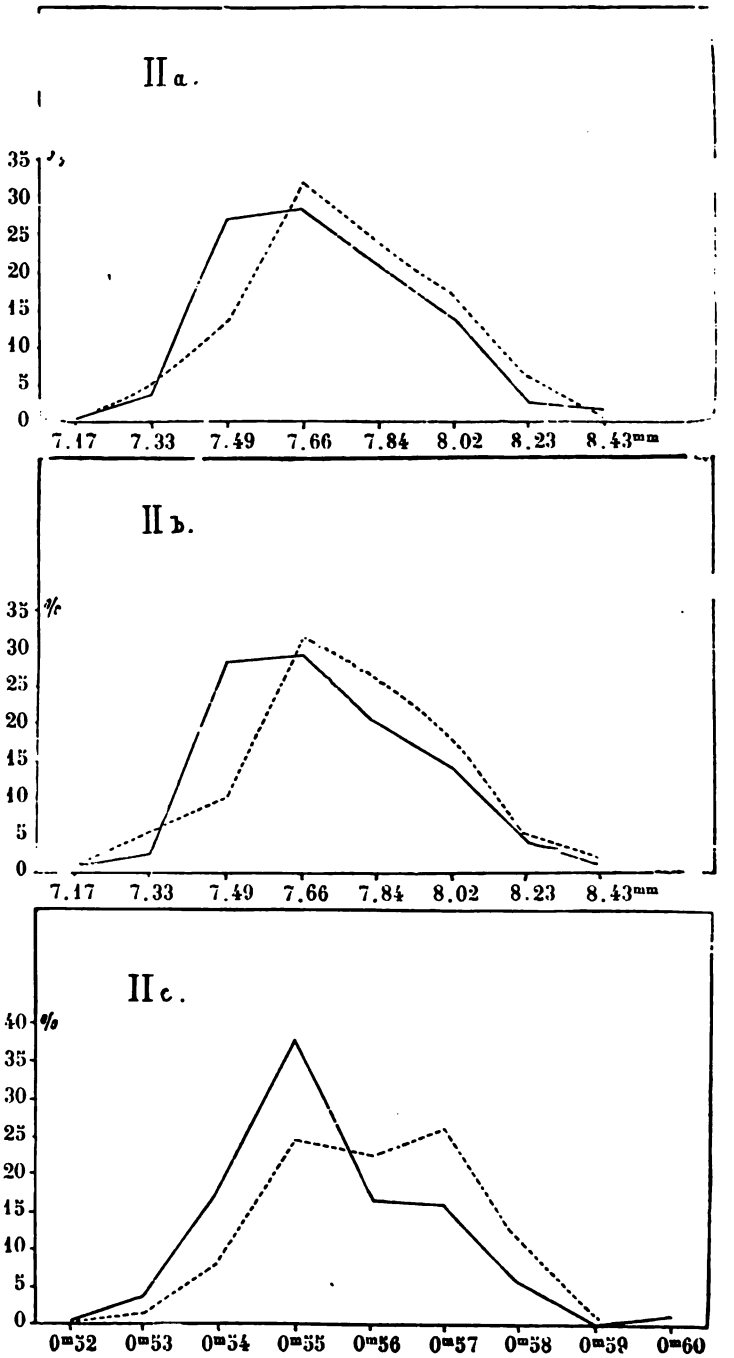


Fig. 57, 58 et 59.

TABLEAU V*b*.

Rayon de courbure de la cornée.	7.17	7.33	7.49	7.66	7.84	8.02	8.22	8.43	Total.
Taille de :									
1m,67-1m,72.....	1	4	32	34	23	16	5	1	116
1m,73-1m,80.....	1	5	9	27	23	16	4	2	87
0/0 { 0m,67-1m,72..	1	3	28	29	20	14	4	1	100
0/0 { 1m,73-1m,80..	1	6	10	31	26	18	5	2	100

TABLEAU V*c*.

Circonférence de la tête.	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	Total.
Taille de :										
1m,67-1m,72.....	1	5	23	48	21	20	7		1	126
1m,73-1m,80.....	1	2	8	22	20	23	0	1		87
0/0 { 1m,67-1m,72	1	4	18	38	17	16	6		1	100
0/0 { 1m,73-1m,80	1	2	9	25	23	26	11	1		100

On peut encore démontrer cette influence d'une autre manière, en calculant la moyenne de rayon de courbure pour chaque valeur de la circonférence de la tête; c'est ce que nous avons fait dans le tableau VI*a*. Le tableau VI*b*. montre la moyenne de rayon de la cornée pour les différentes valeurs de la taille. Le tableau VI*c*. indique la moyenne de circonférence de la tête pour chaque valeur de la taille. Les résultats sont illustrés par les courbes III*a*, *b* et *c*.

TABLEAU VI*a*.

Circonférence de la tête.	0.52 0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59 0.60	Moyenne.
Moyenne du rayon de la cornée.....	7.81	7.785	7.79	7.80	7.86	7.89	7.82	7.82

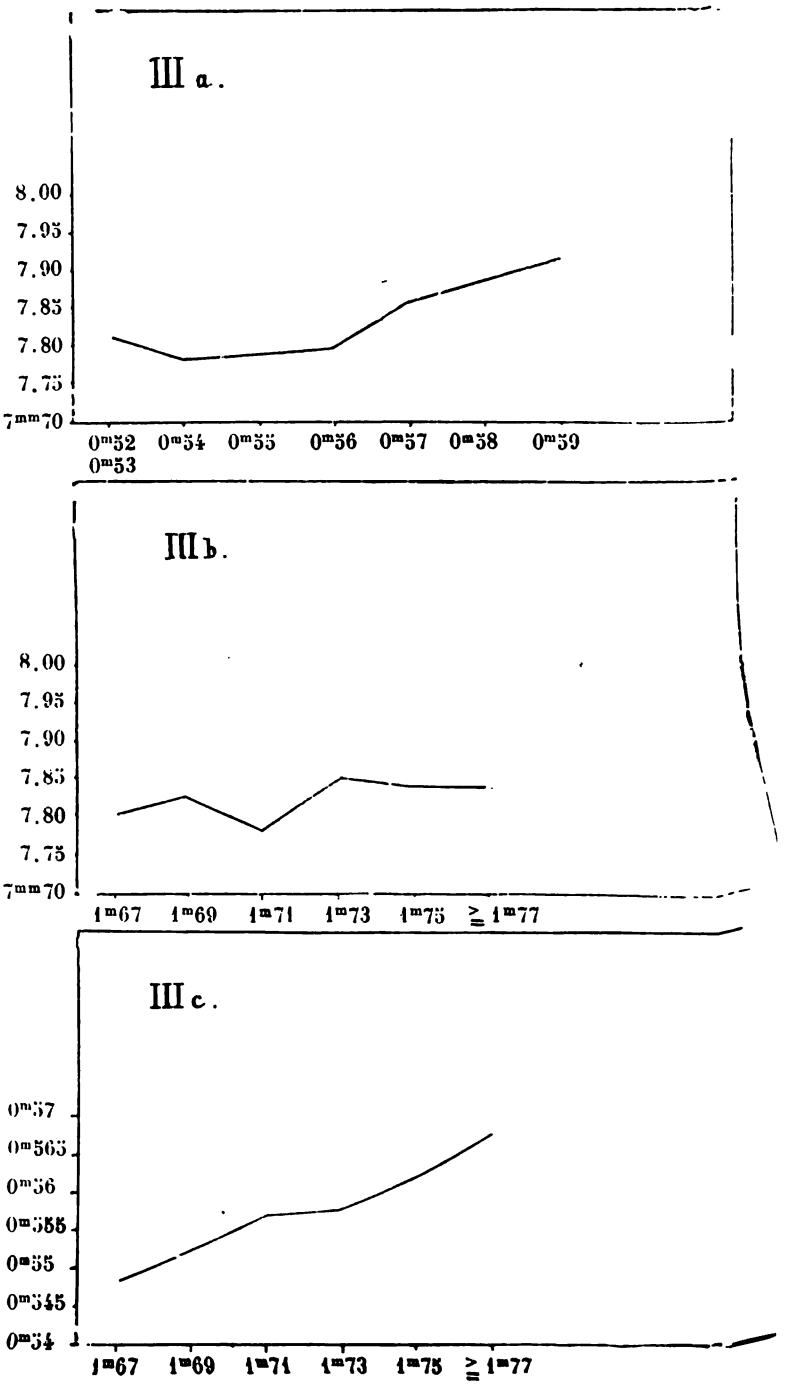


Fig. 60, 61 et 62.

TABLEAU VI *b*.

TAILLE	1.67 1.68	1.69 1.70	1.71 1.72	1.73 1.74	1.75 1.76	1.77 -1.80	Moyenne.
Moyenne du rayon de la cornée.....	7.80	7.83	7.78	7.85	7.84	7.84	7.82

TABLEAU VI *c*.

TAILLE	1.67 1.68	1.69 1.70	1.71 1.72	1.73 1.74	1.75 1.76	1.77 -1.80	Moyenne.
Circonférence de la tête....	54.8	55.2	55.7	55.8	56.2	56.8	55.7

On voit que la moyenne de rayon de courbure de la cornée s'accroit de 7.785 jusqu'à 7.92 pendant que la circonférence de la tête s'augmente de 0^m54 jusqu'à 0^m60. La montée de la courbe pour le premier groupe (0^m52-0^m53) est probablement une irrégularité due au petit nombre d'individus ayant cette grandeur de la tête. Le tableau VI *b* et la courbe III *b* montrent l'influence de la taille, qui paraît peu prononcée, l'augmentation de la moyenne de rayon n'étant que de 7.80 pour les plus petits jusqu'à 7.84 pour les plus grands. Mais il faut se rappeler que nous n'avons ici qu'une moitié de la courbe, celle appartenant aux hommes les plus grands. Enfin, la courbe III *c* montre la façon régulière dont la moyenne de la circonférence de la tête s'accroit avec la taille.

Il résulte donc de nos recherches qu'on peut dire d'une manière générale que les hommes les plus grands et surtout ceux ayant des têtes plus fortes ont des rayons de cornée plus grands. Mais cette influence est faible, la variation de la moyenne du rayon de la cornée pour les différentes grandeurs de la taille (ou de la tête) étant beaucoup plus petite que les variations qui peuvent se trouver parmi des hommes ayant la même taille ou la même grandeur de la tête. Comme nous

avons exclu, dans nos recherches, l'influence que pouvaient avoir l'âge, le sexe et la réfraction, on est en droit d'admettre qu'il existe encore d'autres facteurs qui déterminent la grandeur du rayon de la cornée, mais qui restent, jusqu'à présent, inconnus.

Les grandes variations du rayon de courbure contrastent d'une manière singulière avec le peu de variation de réfraction de l'œil, qui existe en tout cas dans une population dont les yeux n'ont pas été altérés par des études ou d'autres travaux à petite distance. Il est bien connu que, dans une telle population, l'immense majorité ont des yeux à peu près emmétropes. Si l'on voulait tracer une courbe analogue à nos courbes I, exprimant la répartition des différents états de réfraction, on trouverait probablement aussi une courbe binomiale, mais une courbe tout autre que celle de rayon de la cornée, une courbe qui s'élèverait très haut au milieu, mais qui descendrait très rapidement.

L'exactitude avec laquelle la force réfringente des milieux de l'œil s'accorde, dans la grande majorité des cas, avec la longueur de l'axe de l'œil, mérite d'attirer l'attention, si l'on se rappelle qu'il s'agit de dimensions tellement petites, qu'une fraction d'un millimètre amène une différence de réfraction sensible. Ceci nous montre qu'il doit exister, dans l'œil, d'autres facteurs, dont les variations suivent très exactement celles de la cornée. Nous ne connaissons pas les constantes optiques de l'œil et leurs variations, d'une façon assez complète pour pouvoir affirmer d'une manière absolue quel est ce facteur; mais selon toute probabilité c'est l'axe de l'œil. Il est probable qu'il existe une proportion à peu près constante entre le rayon de la cornée et l'axe de l'œil. D'après des observations faites sur des yeux opérés de cataracte, *Mauthner* pense ne pas commettre une grosse erreur en admettant une valeur constante pour le cristallin de l'œil emmétrope, de façon qu'un tel œil, le cristallin supposé enlevé, aurait une hypermétropie de 13 D (72^{mm} entre le centre de courbure de la cornée et le punctum remotum négatif). Cela nous donnerait pour les valeurs de rayon de la cornée 8.43 — 7.82 7.17 un axe de l'œil de 25.51 — 24.04 22.43 de façon que la proportion entre ces deux grandeurs serait à peu près comme 1 : 3. Mais l'hypothèse que la valeur optique

du cristallin est constante, ne peut pas être considérée comme définitivement admissible.

Pour terminer, nous ajouterons le tableau VII qui montre la répartition de l'astigmatisme cornéen sur les 420 yeux examinés.

TABLEAU VII

Degré d'As. en dioptries.	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	Total.
Nombre...	62	181	84	39	24	12	9	2	0	2	1	2	2	420
Pour cent.	16	43	20	9	6	3	2	2						100

En excluant les 7 hommes qui avaient une acuité $< 5/5$, on a le tableau VIII qui confirme le fait déjà observé par M. Nordenson (1), qu'un astigmatisme cornéen assez élevé n'est pas incompatible avec une acuité de 5/5, l'éclairage étant parfait et l'individu jeune.

TABLEAU VIII

Degré d'As. en dioptries.	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00
Nombre.....	60	180	82	37	23	11	9	2	0	1	1

(1) *Ann. d'oculistique*, mars-avril 1883.

XXII

SUR LES VARIÉTÉS

DE L'ASTIGMATISME RÉGULIER

par JAVAL.

(*Soc. fr. d'ophtalmologie*, 1887, p. 3.)

MESSIEURS,

Je tiens à déclarer que les faits dont je vais vous entretenir ne sont pas démontrés définitivement; l'étude en est difficile, et je ne puis vous faire qu'une communication verbale, car je n'aime à consigner par écrit que des résultats absolument certains.

Depuis 1880, je recherche patiemment les relations qui existent entre l'astigmatisme total et l'astigmatisme cornéen. C'est là une étude fort longue, et depuis l'époque où je l'ai entreprise, je n'ai parcouru qu'une petite partie du chemin. Encore est-il vrai que les résultats auxquels je suis arrivé jusqu'à présent, en me servant de mon ophtalmomètre, ne sont que des résultats probables.

J'ai pensé cependant qu'il pouvait être de quelque utilité de vous faire connaître ces recherches, quelque incomplètes qu'elles puissent être.

Il résulte de l'examen d'un très grand nombre d'yeux d'astig-

mates, que l'astigmatisme régulier comprend au moins trois espèces distinctes.

L'une d'elles se présente en général dans les yeux dont le méridien vertical présente la plus forte courbure.

La seconde se rencontre habituellement chez ceux dont l'astigmatisme est placé dans une direction perpendiculaire à celle du cas précédent.

Enfin, la troisième variété se rencontre plus souvent dans les yeux dont les méridiens sont situés à 45 degrés.

Dans la première de ces variétés, la plus ordinaire, la presque totalité de l'infirmité réside dans la cornée, autrement dit l'astigmatisme total diffère peu de l'astigmatisme cornéen.

Dans la seconde, la difformité réside principalement dans le cristallin, de telle façon que l'astigmatisme total est bien supérieur à l'astigmatisme cornéen.

Dès lors, quand vous aurez à donner des verres à des malades de cette catégorie, vous devez vous attendre à trouver souvent une ou deux dioptries d'astigmatisme cristallinien statique.

C'est parmi les yeux de cette catégorie que se recrutent en masse le glaucome et la cataracte.

La troisième variété, qui se rencontre plus souvent dans les yeux dont les méridiens forment des angles de 45° avec la verticale, ne ressemble pas aux précédentes. Elle s'accompagne d'une décentration du globe qui peut aller jusqu'à 20 et 25°. Ici, les verres correctifs ne donnent de correction qu'au moyen d'une vision oblique.

Puisque nous parlons d'astigmatisme, je ferai, avant de terminer, la proposition suivante :

Jusqu'à présent, il n'y a pas de règles en Europe pour noter la position du cylindre, ce qui est une cause perpétuelle d'erreurs chez les opticiens. Ne pourrions-nous pas nommer une commission qui étudierait cette question et nous présenterait, avant la fin du Congrès, une résolution que nous adopterions tous pour l'avenir.

[La réserve exprimée au début de cette communication n'était que trop justifiée. Je crois actuellement que les choses se passent à peu près comme il est dit ci-dessus, p. 131, § C.]

XXIII

CONTRIBUTION

A

L'OPHTALMOMÉTRIE PRATIQUE

par TSCHERNING.

(*Soc. fr. d'ophtalmologie*, 1887, p. 11.)

Depuis son apparition au Congrès de Londres en 1881, l'ophtalmomètre de MM. Javal et Schiötz est employé par un certain nombre de confrères, qui sont, je crois, d'accord pour le considérer comme un instrument d'une utilité incontestable. Outre son prix élevé et la difficulté d'obtenir la livraison des instruments commandés à l'opticien, on reprochait au modèle de 1881 la nécessité d'opérer par un temps clair et aussi l'embarras causé par son volume un peu considérable. J'étais mieux placé au laboratoire de M. Javal que partout ailleurs pour tâcher de porter remède à ces inconvénients, et, grâce aux conseils de M. Potier, l'éminent physicien, j'espère y être parvenu.

Tandis que Helmholtz obtenait le dédoublement au moyen des glaces à plans parallèles et que Javal et Schiötz se servaient de prismes biréfringents, nous avons eu recours à un autre système proposé par M. Potier. L'objectif consiste en une seule lentille achromatique, dont on a fendu le flint. Les deux moitiés sont déplacées un peu, parallèlement à la fente et en sens

opposé l'un de l'autre. Après ce déplacement, l'objectif a deux centres optiques et forme deux images dont la distance dépend de la grandeur du déplacement. Cette simplification présente l'avantage de diminuer simultanément le prix de l'instrument et la perte de lumière.

L'augmentation d'éclairage dans le nouvel instrument résulte aussi de l'augmentation de l'ouverture de l'objectif, rendu possible par les calculs de M. Potier, grâce auxquels l'aberration sphérique de l'objectif est réduite considérablement. Nous avons réduit le rayon de l'arc à 20 centimètres. Quant aux mires, nous avons changé celle des gradins, de façon que le premier contact se fait au niveau de l'axe de l'instrument, c'est-à-dire de la ligne visuelle, ce qui a une certaine importance pour des yeux décentrés. Comme oculaire, nous avons employé un oculaire de Huyghens.

[M. Tscherning n'a pas donné suite à la construction de l'ophtalmomètre ci-dessus mentionné. Après de nombreux essais, nous avons trouvé qu'il présentait les mêmes inconvénients optiques qui rendent si difficile l'emploi des instruments de Helmholtz et de Dubois et Leroy.]

XXIV

NOTATION DE L'ASTIGMATISME

par M. PARENT.

(*Soc. fr. d'ophtalmologie*, 1887, p. 228.)

M. Parent, rapporteur de la commission nommée pour étudier la notation de l'astigmatisme, lit le rapport préparé sur ce sujet.

RAPPORT

Dans sa séance du 2 mai 1887, la Société d'Ophtalmologie a chargé une commission, formée de MM. Javal, G. Martin et Parent, de lui faire des propositions relativement à la notation des verres correcteurs de l'astigmatisme. Cette commission s'est réunie aussitôt. Il a suffi d'une courte délibération pour arriver à une entente qui s'est faite, non par voie de concessions réciproques, mais à l'unanimité sur tous les points. M. Parent a été alors chargé de faire un rapport qu'il a soumis à ses collègues G. Martin et Javal; de plus, MM. Gariel, professeur de physique à la Faculté de Paris; Leroy, bien connu par ses travaux mathématiques d'optique physiologique; Haltenhoff, de Genève, et Geo.-J. Bull (de New-York), ces deux derniers de passage à Paris, ont été consultés et

ont donné une adhésion complète aux conclusions de la commission.

(A) *Faut-il, pour les deux yeux, prendre des notations identiques, ou n'est-il pas préférable de les prendre symétriques?*

Il est évident que pour ceux qui font une étude théorique de l'astigmatisme, une notation symétrique serait plus agréable. Les arguments en faveur de cette annotation ont été déduits avec force par Knapp, en 1886, dans un article consacré à la question qui nous occupe (*Arch. f. Augenheilkunde*, t. XVI, p. 195), et il n'est pas douteux qu'à cause de la position respective affectée généralement par les méridiens des deux yeux de la même personne, par rapport à la ligne médiane du corps, la notation symétrique serait plus satisfaisante pour l'esprit et donnerait même une sécurité additionnelle à l'oculiste, auquel elle signalerait aussitôt les cas où la symétrie des méridiens fait plus ou moins défaut. Mais, d'autre part, la notation symétrique obligerait à munir les ophtalmomètres, ophtalmoscopes, optomètres, cadrans horaires, d'une double division, qui serait une cause perpétuelle d'erreurs au détriment des malades. L'inconvénient serait plus grave encore chez les opticiens qui ne pourraient plus placer un verre dans leurs montures de lunettes ou de pince-nez sans avoir à réfléchir s'il s'agit d'un œil droit ou gauche. Cette dernière considération a paru déterminante, et nous avons été unanimes à rejeter, bien qu'à regret, le système plus séduisant de la notation symétrique, et nous vous proposons de décider que *la graduation des instruments sera identique pour les deux yeux.*

(B) *La graduation doit-elle être continue?*

Sans nul doute; le système proposé par un très petit nombre d'auteurs et qui consisterait à compter pour chaque œil des angles positifs ou négatifs, suivant que les méridiens principaux s'éloigneraient des positions perpendiculaires dans un sens ou dans l'autre, doit être rejeté comme constituant à la fois une complication et une cause d'erreurs; *la graduation doit être continue.*

(C) *Où faut-il placer le zéro ?*

Supposons qu'un sujet affecté d'astigmatisme conforme à la règle et de myopie s'éloigne d'un cadran horaire jusqu'à ce qu'un diamètre soit vu nettement; on sait que, dans ce cas, c'est le diamètre vertical qui subsistera le dernier. Si donc, *sur le cadran*, nous marquons des degrés, c'est aux extrémités de la ligne verticale que nous inscrivons tout naturellement 0° et 180°. Si nous agissons ainsi, il en résultera que la notation zéro appartiendra à l'œil que nous avons choisi pour type, et que l'œil dont le méridien le plus réfringent serait horizontal sera noté 90°.

On aurait pu adopter la convention contraire, mais il en résulterait que la notation 90° aurait été affectée au cas le plus fréquent, celle de 0° étant réservée au cas relativement plus rare. Nous n'hésitons pas à vous proposer de *placer le zéro à l'horizontale, de telle sorte que ce chiffre appartienne aux yeux dont le méridien vertical est le plus réfringent.*

(D) *Dans quel sens faut-il faire marcher la graduation?*

C'est sur ce point que le doute est permis. Tant qu'on ne fait que des examens subjectifs, il est évident que la division devra être faite dans le sens *direct*. (Nous empruntons aux astronomes cette expression qui veut dire que la graduation a lieu dans le sens suivi par les aiguilles d'une montre.)

Reprenons le cadran horaire. Si un malade myope qui s'en éloigne, aperçoit nettement, en dernier, le diamètre qui va de I à VII, puisque nous avons mis 0° à midi, nous devons mettre maintenant 30° et non pas 150°.

Si la notation contraire a été employée par quelques-uns, cela ne pourrait avoir d'excuse que si c'était par des observateurs qui se livrent à des mesures objectives et qui mesurent eux-mêmes les angles au lieu de se les faire indiquer par les malades.

De plus, avec la graduation en sens *direct*, il y aura moins d'erreurs chez l'opticien qui, pour la mesure des angles, pourra se servir des rapporteurs du commerce, lesquels sont gradués

dans ce sens dans le monde entier. Enfin, cette graduation est adoptée depuis plus de dix ans par l'unanimité de nos confrères de l'Amérique du Nord, à la suite d'une discussion provoquée par M. Noyes au sein de la Société ophtalmologique de New-York.

Il faudrait être animé d'un singulier esprit de contradiction pour vouloir faire, dans notre hémisphère, tout le contraire de ce que nos confrères de l'autre hémisphère pratiquent depuis si longtemps sans inconvénient, et nous vous proposons de décider que *la graduation des instruments sera faite dans le sens direct par rapport aux malades* (ce qui revient à la faire dans le sens inverse par rapport au médecin supposé en face du malade).

(E) *Comment devra-t-on figurer la notation des lunettes?*

Après tout ce qui précède, il reste encore une convention à faire pour la notation des lunettes.

Supposons une monture d'essai, dont la demi-circonférence inférieure forme un limbe destiné à recevoir la graduation. Plaçons le 0 à l'extrémité droite du limbe, par rapport au malade, et continuons jusqu'à 180°, la division 90 se trouvant au point le plus bas du demi-cercle. Si, dans cette lunette, nous plaçons un verre cylindrique concave, il arrivera que l'axe de ce verre marquera le degré voulu de la division en conformité des décisions A, B, C et D qui précèdent. Par exemple, pour l'astigmate du paragraphe D, dont le méridien le plus réfringent fait un angle de 30° en haut et à droite avec la verticale, le verre correcteur cylindrique concave se placera de sorte que son axe marquera 30 sur le limbe de notre lunette.

Mais on sait que pour le même œil, si l'on veut faire la correction au moyen d'un cylindre convexe, il faut placer ce dernier à angle droit avec le précédent, ce qui ferait 120°; c'est de cette manière que nous vous proposons de procéder, et il en résultera que les notations angulaires de lunettes ne concorderont avec les notations angulaires ophtalmométriques que dans le cas où il s'agira de cylindres concaves.

Quant à la notation, elle s'établirait ainsi ; on écrirait d'abord la lettre D ou S pour désigner l'œil, puis on noterait successivement l'angle, le verre cylindrique et le verre sphérique ; par exemple, on écrirait D 30° — 2 — 1, ou bien, si l'on préfère inscrire d'abord le verre sphérique, on noterait le même œil D — 1 — 2,30°. L'ordre suivi n'importe pas ; mais il faut de toute nécessité commencer ou finir par l'angle et ne pas l'inscrire au milieu, car alors l'opticien saura toujours que l'angle s'applique au plus voisin des deux autres chiffres.

Conclusion générale : La lunette d'essai sera graduée dans le sens direct par rapport au malade, le zéro étant à sa droite, si la graduation est sur le demi-cercle inférieur, et à sa gauche si la graduation est sur le demi-cercle supérieur.

Pour les cylindres, concaves ou convexes, on note simplement le chiffre auquel correspond l'axe du cylindre correcteur placé dans la lunette.

XXV

KERATOMETRY

by SWAN M. BURNETT.

A Theoretical and practical Treatise on Astigmatism (Saint-Louis, 1887), Ch. IX, p. 124.

---

§ 144. The fresh impulse given to the study of astigmatism in recent times was by measurements of the cornea in its various meridians, first made systematically by Knapp. And since the cornea has been found to play the chief part in the anomaly, the most convenient and proper method of investigation would seem to be by some kind of keratometry. And so it would be but for the fact that, until very recently, no rapid and accurate method of keratometry has been at the command of the practitioner. The ophtalmometer of Helmholtz is cumbersome, expensive, difficult to handle and very consuming of time; all of which tend to exclude it from the consultation room.

§ 145. The desirability of some practical method of keratometry being recognized, several attempts have been made to realize it, but up to 1881 non had been presented which offered the merits of accuracy, facility of handling, simplicity of structure and comparative cheapness. In that year, Javal exhibited before the International Medical Congress, at London, an instrument constructed by himself in conjunction with Schiötz which fulfilled all these requirements, and in my estimation must be regarded as the most important, practical and exact

means of diagnosis given to our science since the invention of the ophthalmoscope.

§ 146. As regards the designation of this method of examination we think the name "keratometry" more accurately descriptive than "ophthalmometry." The latter term could be applied to measurements of the eye in any or all of its parts, whereas, in the method under consideration, we simply measure the radius of curvature of the cornea at any desired locality. Neither would "keratoscopy" be correct, since this means a simple inspection of the cornea and does not necessarily imply any measurements; a term quite appropriate, however, to the methods of Placido and De Wecker, to be described later.

§ 147. The instrument of Javal and Schiötz (1) is constructed on the well-known fact that the image of an object of a certain size at a fixed distance from a convex reflecting surface grows smaller as the radius of curvature of that surface becomes shorter.

There are several ways in which this principle can be applied in determining the curvature of any given convex surface.

(*a*) A certain size of image may be taken as a standard and the distance between the object and reflecting surface varied until this standard size of the image is reached. It can then be determined, by calculation, what changes in radius of curvature correspond to a certain variations in distance; or

(*b*) the distance separating the object and reflecting surface may remain the same while the size of the object is varied till the standard size of image is obstained; or

(*c*) the distance and size of object being fixed the calculation may be based upon the varying size of the image.

§ 148. Of these plans the first and second are the most available, and of the two, Javal and Schiötz have chosen the second.

The essential part of the instrument for ordinary use is a

(1) Made by M. Laurent, rue de l'Odéon, Paris. The net price of the instrument is 350 francs. It can be obtained through J. W. Queen et Co., Philadelphia.

Wollaston's bi-refringent prism of such a power that it shall give an exact doubling of an object 3 mm. in diameter when it is at 27 cm. from the prism; or, expressed in another way, when the object is 27 cm. from the prism and the edges of the double images touch, the diameter of the objet must be 3 mm. The

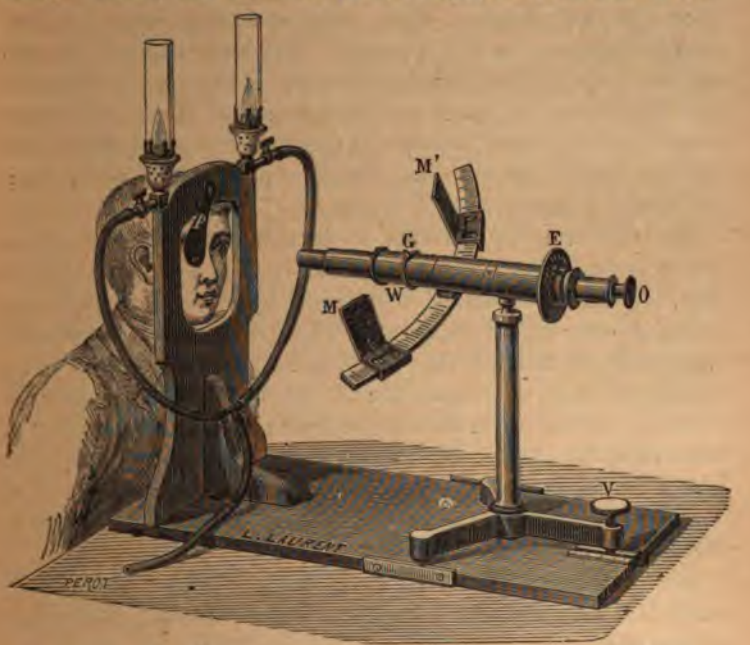


Fig. 63. — The Ophthalmometer (Keratometer) of Javal and Schiötz.

object to be measured in this case is the corneal reflection of some suitable object placed in front of the eye.

The accessories of the instrument are the optical appliances for seeing this double image to the best advantage and from a convenient distance, and a means for measuring the varying size of the object which furnishes the corneal image.

In the construction of the *objective* *W* (fig. 63) the birefringent prism is placed between two convex lenses having each a focus of 27 cm. At the focus of the second lens, found between *E* and *O*, a fine spider's web is stretched across the tube. By means of these two lenses and the prism an inverted double im-

age of the reflection from the cornea, which is situated 27 cm. from the first lens, is formed at the spider's web, and this double image is seen through the *ocular O* whose focus also lies at the spider's web. This double image is seen clearly, only when the eye of the observer is accurately adjusted by means of the ocular to that distance. This inverted double image of the corneal reflection is not magnified. The reflection and its image are conjugate foci, and the distance of the cornea from the first lens being the same as the distance of the spider's web from the second lens, the two images must be of the same size in other words, the reflection image is simply transferred from the cornea to the focus of the ocular.

The only thing now needed to furnish the necessary means for an examination is an *object* whose size can be regulated at will. All that is essential of such an object are two opposing sides, in order that we may know when the edges of the double images are in contact. This is obstained by having two white bands *MM'* moveable on an arc *A*, that is fixed on the tube *W* at about 35 cm. from the cornea which serves as its center of curvature. The outer edges of these two bands constitute the lateral limits of the object. As these bands are moveable it is easy to form an object of any desired size which can be accurately measured on the arc.

The instrument has now only to be properly mounted to be ready for use, and the manner in which this is done is well shown in Fig. 63.

§ 149. In making an examination the head of the examinee is placed in the head rest and the eye not to be examined is covered with the shade *P*. The optical part of the apparatus is moveable, as a whole, backwards, forwards and laterally on the foundation board, and the elevation of the tube is regulated by the thumbscrew *V*.

The ocular *O* must first be accurately adapted to the spider's web for the eye of each observer. The tube is then brought into line with the cornea and by movements back and forth so adjusted that a clearly defined double image of *M M'* shall be formed at the spider's web, where it is seen by the observer throughthe ocular *O*. When this is done the prism is 27 cm.

from the cornea, and when the double images of the corneal reflection formed by it touch by their opposing edges, each image has a diameter of 3 mm.

When the instrument is thus adjusted, one of the white bands is moved along the arc until the inner edge of its image, as seen through the ocular *O*, touches the outer edge of the image of the other band. Then, as stated above, the diameter of the corneal image of *M M'* is 3 mm. The size of the object *M M'* can then be measured off on the arc *A*. Knowing now the size of the object, the size of the image and the distance separating the object from the reflecting surface, we have all the data necessary for calculating the radius of curvature of the convex surface of the cornea.

§ 150. Thus far the instrument has no special practical advantage over the ophthalmometer of Helmholtz, for it is the computations from the observed data that are so tedious and time-consuming. But Javal and Shiötz have so arranged the various parts of their apparatus that a certain size of object when the instrument is properly adjusted shall correspond to a certain radius of curvature, which can be read off on the arc in millimeters or expressed in refracting power by dioptries. A variation of 6 mm. in the size of the object 35 cm. from the cornea corresponds to a change of 1 D in refracting power and a variation of 36 mm. in size (6 D) corresponds to a difference of about 1 mm. in the length of the radius of curvature. As it is comparatively easy by this instrument to approach to within 0,25 D of the actual refracting power, an estimation of the radius of curvature is possible up to 1/20 mm., which is all could be demanded in the practical determination of refraction.

§ 151. As it is not possible with this instrument to examine with any degree of accuracy the lenticular surfaces, and as these form important elements in the general optical condition of the eye, the apparatus is of limited advantage in obtaining the refraction of the eye as a whole, except in cases of aphakia. Its usefulness for estimating general ametropia is still further diminished by the fact, which the instrument itself has done so much to establish, that the conditions of myopia and hyperme-

tropia are not due, except in rare instances, to variations in the refracting surfaces of the eye, but to changes in the antero-posterior diameter of the eye-ball.

§ 152. Since, however, it is a fact demonstrated more than twenty years ago in the physiological laboratory, and now fully corroborated by this very instrument in the consultation room, that the much larger part of astigmatism is corneal, and since it is as easy with it to measure the cornea in one meridian as in another, the value of this keratometer in the diagnosis of astigmatism can hardly be over-estimated. In fact, it might with great propriety be called an "astigmometer."

The tube *W* can be turned on its axis, carrying with it the arc and the white bands *M M'*, and any departure from its initial position is shown by a pointer moving over the fixed graduated disk *E*. It thus becomes possible to measure the corneal curvature in any desired meridian and to know the exact direction of that meridian. We have, therefore, only to measure the cornea in the manner above described in its various meridians, read off on the arc the radius of each and take the difference between the strongest and weakest in order to have the amount of astigmatism expressed in difference in radius (*r*) or in dioptries.

The inventors have facilitated this determination in a most ingenious manner, whereby it is possible to see in the double image itself, and whithout the necessity of reading on the arc, the difference in the refraction of the principal meridians. One of the sides of the band *M*, instead of being straight is made in the form of five equals steps, as shown in fig. 64. It is the lateral edge of the lower step which must be brought in contact with the edge of the other band *M'* in order to have the image of the required size of 3 mm.

§ 153. In making examinations with the instrument for astigmatism the tube is turned on its axis and the band *M'* moved on the arc, *M* remaining stationary, until one meridian is found in which the bases of the two bands form a continuous line, when their sides are in contact. The refraction of the cornea in this meridian (indicated by the pointer on the disk *E*) is then read off on the arc in *r* or in dioptries and noted.

The tube, with the arc, is then rotated to the opposing meridian, when it will be found, should astigmatism be present, that the sides have either separated or overlapped. If they have *overlapped*, the *amount* of crossing is shown by the *number* and *portions* of the steps of *M* covered by *M'*, which is readily recognized by the fact that these steps and parts of steps are just *twice as bright* (for obvious reasons) as the remaining steps of the band. Now, the size of these steps has been so regulated that each one shall represent 1 D of refracting power. If therefore, one of these steps is covered, there is a difference of 1 D in the two meridians; if two are covered we know the difference is 2 D and the necessity of reading the difference on the arc is obviated. If, however, it is desired to know the radius of curvature exactly in this meridian, indicated by the pointer on the disk *E*, the band *M'* is moved on the arc until its edge is just in contact with the lower step of the graded band *M*. Its position on the arc will then give the desired information.

Fig. 64.

Moreover, the meridian in which there is a crossing of the bands is the less refracting. The fact of the two images overlapping shows that they have a diameter greater than 3 mm. and consequently the surface giving them must have less curvature than that giving them with edges in contact, and in order to have them thus in contact the object must be made smaller by moving M' on the arc towards M. If the images of the bands *separate* in moving the arc from its initial position where they were in contact, it shows that the first meridian is the less refracting with a larger radius of curvature. The curvature of the meridian where the separation is greatest is determined by moving the band M' along the arc away from M until the edges again touch. The refraction can then either be read off on the arc and the difference taken between that and that of the other meridian, or the arc can be turned again to the opposing and less refracting meridian, when the number and parts of steps overlapping will show at once the difference between the two meridians expressed in dioptries and fractions thereof.

§ 154. We have now ascertained the amount of the astigmatism and the direction of the meridians of greatest and least refraction, but the data furnish no clue as to the form of the anomaly. The measurements give no information as to whether the astigmatism is simple or compound, myopic or hypermetropic, or mixed. When, for instance, the horizontal meridian is found to be least refracting, it may be that (*a*) it is emmetropic, while the vertical meridian is myopic—simple M astig.; or (*b*) it may be myopic also but less so than the vertical—comp. M. astig.; or (*c*) it may be hypermetropic, the vertical being emmetropic—H. astig.; or (*d*) it may be that both meridians are hypermetropic, this one being more so—Comp. H. astig.; or (*e*) it may be hypermetropic while the other is myopic—mixted astig. The differential diagnosis of the form must therefore be made by some of the other methods of examination.

The only other defect of the method is that it leaves us in ignorance of the amount of the lenticular astigmatism. One important fact has been developped by the use of the instrument in this connection and that is that in at least one half the cases it is neutralizing in its character. When the individual is beyond 40 years of age, however, it is rare to find any important difference between the total and the corneal astigmatism.

In the following table are recorded 15 cases taken as they came from my note-book showing the difference between the astigmatism as determined by glasses and that found on measurement of the cornea. The excess of corneal refraction designated by +, the deficiency by —.

These cases well represent the average of my examinations by this instrument which now number more than 100. I have never found a greater difference than 1 D, and the direction of the principal meridians has always been found to correspond essentially with the corneal meridians as determined by the keratometer.

§ 155. The apparatus, for its most satisfactory employment, requires a good illumination of the white bands. I find that in this climate the light from an unobstructed window is quite sufficient. But for dark days and consultation rooms not well lighted, the instrument is provided with argand gas-burners and reflectors which make it possible to use it under all circumstances.

No.	Name.	Age.	Astig. by Glasses.	Astig. by Keratometer.	Difference.
1	Mr. N.	48	L 1 R 1.5	1 1.5	
2	Mrs. H.	50	L 1.5 R 1	1.5 1	
3	Mrs. C.	52	L 2 R 2	2.5 2.5	+ 0.5
4	Mrs. M.	21	L 4 R 1.5	4 1.25	— 0.25
5	Miss S.	28	L 1.25 R 3	1.25 3.25	+ 0.25
6	Miss C.	17	L 0.5	0.75	+ 0.25
7	Mrs. M.	38	R 1.25	1.25	
8	Mr L.	19	R 0.5	nil	— 0.5
9	Mr. G.	8	R 0	0.5	+ 0.5
10	Miss G.	18	R 0.5	0.5	
11	Miss C.	36	L 3 R 3	3.25 3.25	+ 0.25 + 0.25
12	Mr. G.	50	L 4.5 R 4.5	4 4.25	— 0.5 — 0.25
13	Miss L.	18	L none R 0.5	0.5 1	+ 0.05 + 0.05
14	Mrs. C.	33	L 3 R 4.5	3 4	— 0.5
15	Mr. M.	27	L none R 0.25	0.05 1.25	+ 0.5 + 1

XXVI

SULL'ASTIGMATISMO CORNEALE

IN SEQUITO

AD ESTRAZIONE DI CATERATTA

OSSERVAZIONI OTTOMETRICHE SU 146 OPERATI

Per il Dott. ERASMO SCIMEMI

Prof. incaricato di oftalmoiatria e clinica oftalmica.

(Palermo, 10 guigno 1888.)

[Après avoir cité les mensurations de Donders et de Haase, l'auteur continue ainsi :]

Per determinare con una certa esattezza la deformità corneale consecutiva all'estrazione di cateratta sarebbe necessario misurare in precedenza la curvatura della cornea e ripetere più volte a vari intervalli dopo l'operazione questa misura. Ma l'esame prima dell'operazione non è sempre facile, perchè l'occhio caterattoso non ha una vista sufficiente a poter fissare un punto di mira determinato. Reuss, Woinow ed anche Weiss (1) invitavano l'infermo a guardare verso la propria mano che essi collocavano su di un punto posto un po' lateralmente alla linea

(1) *Weiss* : Cornealastigmatismus nach Staarextractionen : *Arch. f. Augenheilk.* VI, p. 58 e seg.

che dall' occhio va all'oftalmometro, quanto importava per l'angolo α. Questo mezzo a me ha dato risultati poco soddisfacenti ed ho riconosciuto che invece del centro della cornea viene a misurarsi quasi sempre un segmento laterale; e, siccome la cornea ha una superficie di ellissoide di rivoluzione a tre assi, così il raggio di curvatura delle parti periferiche è maggiore che al centro. Da parecchie osservazioni che io ho fatto in occhi normali ho riconosciuto che il raggio di curvatura al centro della cornea è di mm. 0,10 a 0,25 minore che quello delle parti periferiche, il che costituisce una differenza di 1 a 2 diottrie. Per questa ragione ho registrato nelle mie osservazioni poche volte il raggio di curvatura dell'occhio operato prima dell'operazione; invece siccome molto spesso le cornee de' due occhi del medesimo individuo sono quasi perfettamente simmetriche, quando è sviluppato conformemente il corpo, così ho creduto bene segnare il raggio di curvatura della cornea dell'altro occhio, quando questo poteva fissare bene, ed ho segnato anche quello dell'occhio da operarsi, quando non c'era visibilmente nessuna deviazione dell'asse visivo di esso, sicchè bastava far guardare coll'occhio sano il centro dell'oftalmometro.

Sebbene nell'occhio afachico la linea visiva deve incontrare la cornea in un punto diverso che nell'occhio provvisto di cristallino, talchè l'angolo α debba essere diverso nelle due osservazioni, pure io non ne ho tenuto conto nessuna volta, perchè ho creduto più utile per le pratica determinare l'astigmatismo in quella parte della cornea che corrisponde alla linea visiva.

In quando alla maniera con cui si produce tale astigmatismo, Weiss (l. c.) fa osservare che esso non si può riferire al semplice fatto di un tessuto di neoformazione che s' interponga tra i labbri della ferita, perchè se così fosse la lunghezza dell'arco del meridiano corneale perpendicolare alla ferita dovrebbe aumentare appunto di tanto quanto è la spessezza di questo tessuto; talchè, rimanendo immutata la corda, cioè il diametro della cornea, che sottende l'arco, dovrebbe necessariamente questo arco divenire più convesso. In fatti è evidente che di due archi sottesi della medesima corda sarà più convesso quello che ha una maggiore lunghezza.

Ma nell'astigmatismo che noi qui esaminiamo, quello cioè che segue all' estrazione di cateratta, riscontriamo quasi costantemente che il meridiano perpendicolare alla ferita presenta una convessità meno pronunziata di quella che dimostrava prima dell'operazione.

Il Weiss riferisce questa modificazione del meridiano verticale al fatto che i labbri della ferita corneale non vengono a mutuo contatto per tutta la loro spessezza, ma solo in parte; di maniera che il bordo inferiore del labbro del lembo corneale viene a sporgere in avanti. Ciò produce che il meridiano verticale si distenda come per avvicinarsi ad una retta cosicchè l'arco rappresentato dalla superficie anteriore delle cornea corrispondente a questo meridiano viene ad essere sotteso da una corda più lunga di quella che lo sottendeva prima, cioè la sua convessità diminuisce.

[L'auteur reproduit ici les calculs de Weiss.]

Ma intanto questa spiegazione di Weiss non corrisponde completamente alle osservazioni che riporto nelle mie tavole, dalle quali risulta invece che, se certi gradi di astigmatismo (perfino 18 nel caso 26 Tav. C) si dovessero intendere come dice Weiss, richiederebbero uno spostamento del labbro del lembo troppo grande, sproporzionato alla spessezza della cornea e nemmeno corrispondente al reperto anatomico di O. Becker. Aggiungi che in queste mie osservazioni il meridiano orizzontale si trova frequentemente modificato e spesso più che il verticale; talchè non si può spiegare tutto l'astigmatismo che si riscontra in questi casi colla sola modificazione del meridiano verticale, cioè col solo aumento del suo raggio di curvatura; invece è questa modificazione insieme alla contemporanea diminuzione del raggio di curvatura del meridiano orizzontale che spiega benissimo il grado di astigmatismo che noi riscontriamo. Esaminiamo alcuni casi.

1°. Vediamo quale spostamento in avanti dovrebbe subire il labbro del lembo corneale nel N. 26, tav. D, in cui si ha $As \pm 18$ D, se ci atteniamo solamente alle considerazioni di Weiss.

[Le calcul, que nous passons, conduit à admettre une différence de

niveau de 0mm,6 entre les deux lèvres de la plaie si l'on adopte les formules de Weiss, tandis que les formules de Scimemi donnent 0mm,2.]

Dunque lo spostamento in avanti del labbro del lembo è stato di circa mm. 0,20, il quale corrisponde abbastanza bene con le osservazioni anatomiche di Becker.

Ma intanto l' astigmatismo di 18 D non si può riferire a questa semplice modificazione del meridiano verticale. In fatti il raggio di questo meridiano da mm. 7,67 si elevò a mm. 8,58, il che costituisce sole 5 D d'As. Tutto l'altro As che qui troviamo si deve quindi ad altro fattore; ed in vero nel meridiano orizzontale noi troviamo che il raggio da mm. 7,67 prima dell'operazione, si riduce dopo a mm. 5,58, il che costituisce un astigmatismo di 11,5 D.

E però noi troviamo che la modificazione nel meridiano orizzontale fu molto più pronunziata che nel verticale. La somma dell'astigmatismo osservato per le modificazioni nei due meridiani è di 16,5 D; vi si deve aggiungere 1 D che esisteva nello stesso senso prima dell' operazione e si ha 17,5 D; l'altra 0,5 D avrà potuto dipendere dalla non esatta determinazione, a causa della grandezza molto pronunziata di tale astigmatismo, pei quali forti gradi l'oftalmometro di Javal e Schiötz non ha molta esattezza.

2.° Ho calcolato anche le modificazioni che dovettero intervenire nel caso al N. 14 tav. C.

[Je renvoie encore au mémoire original pour ces calculs.]

È bene notare in questo caso che meridiano orizzontale che si modifica immediatamente dopo l'operazione passando da mm. 7,63 a mm. 7,25 non dimostrò più nessuna altra modificazione dal 19° al 30° giorno, rimanendo sempre 7,25. Ciò significherebbe che la diminuzione dell'astigmatismo per cui da 14 D che era al 19° giorno si ridusse a 5, si deve exclusivamente alla diminuzione del raggio del meridiano verticale che da mm. 9,58 scese a mm. 8,08 : e molto probabilmente all' abbassarsi del labbro del lembo per effetto di retrazione cicatriziale ; onde lo spostamento in avanti si ridusse da mm. 0,45786 quanto era al 19 giorno a mm. 0,11751 quanto si ritrovò al

30° giorno, talchè questa retrazione dovette essere di mm. 0,34035.

. . . . . .

Adunque noi abbiamo a questo modo calcolato lo spostamento del labbro del lembo, quando sono noti i due raggi prima e dopo l'estrazione della lente, che sono appunto le quantità che l'oftalmometro ci può dare; abbiamo fatto anche la via inversa, cioè abbiamo determinato quale nuovo raggio di curvatura corrisponda al meridiano verticale, quando ci vien dato lo spostamento del lembo e il raggio prima dell'operazione; però il calcolo è completamente diverso, e tuttavia i valori trovatisi corrispondono perfettamente.

Ma tutto questo ci dimostra che lo spostamento del labbro spiega solo una parte dell'astigmatismo che noi ritroviamo; tutto il resto si deve ad altri fattori, e principalmente al raccorciamento del diametro orizzontale della cornea per cui aumenta la curvatura del meridiano corrispondente.

Ciò esamineremo nel caso che segue, N.° 3 Tav. D, in cui calcoleremo non solamente le modificazioni del meridiano verticale, ma anche quelle dell'orizzontale.

Troviamo prima dell'operazione : As ± 0,75, R vertic. 7,58, orrizontale 7,46.

Dopo l'operazione, considerando come verticale il meridiano a 85°, As ± 9, R verticale 8, orrizontale 6,50.

Se noi consideriamo il solo meridiano orizzontale in cui non può trattarsi affatto di alcun tessuto interposto nè di alcuno spostamento di labbri, perchè non vi ha alcun rapporto con la ferita, noi troviamo che la riduzione del suo raggio da mm 7,46 a mm. 6,50 costituisce da sola 5,75 D di astigmatismo, secondo l'astigmometro Javal e Schiötz.

La modificazione del meridiano verticale in senso inverso a quella che si osserva nell'orizzontale è tale per cui il raggio da mm. 7,58 sale a mm. 8 : questa modificazione include secondo l' oftalmometro Javal 2, 5 D d'astigmatismo, talchè l'As complessivo risulta 5,75 + 2,50 = 8,25 D, al quale aggiunto 0,75 che è l'astigmatismo esistente prima dell'operazione, appunto nel medesimo senso, si ha As 9 D, quanto è tutto l'astigmatismo trovato dopo l'operazione.

Il calcolo fatto per determinare lo spostamento in avanti del labbro del lembo ci dà i seguenti risultati.

[Résultat du calcul, différence de niveau de $0^{mm},15$ entre les deux lèvres de la plaie.]

Adunque l'astigmatismo originatosi dopo l'operazione in questo infermo è dovuto solo per 2.5 D a questo spostamento; le altre 5,75 D si devono alla modificazione del meridiano orizzontale.

. . . . . .

Adunque il diametro orizzontale della cornea si è accorciato dopo l'operazione riducendosi a mm. 9,7, il che produce la sua maggiore curvatura, cioè la modificazione del suo raggio da mm. 7,46 a 6,50, che espresso in diottrie equivale a 5,5.

Dalle superiori osservazioni emerge evidente il fatto che dell'astigmatismo corneale consecutivo all'estrazione di cateratta sono fattori principali : 1° un raccorciamento del diametro orizzontale dell'impianto della cornea; 2° un allungamento del diametro verticale con spostamento del labbro del lembo; le quali modificazioni producono una minore rifrazione nel meridiano verticale ed una maggiore nell' orizzontale.

È facile intendere che se il diametro orizzontale di un cerchio, di cui la periferia rimane costante, si raccorcia, il verticale si deve allungare in proporzione, e la figura verrà trasformata in un'ellisse. Si può calcolare esattamente il rapporto che devono mantenere fra di loro i due diametri.

Ma nel nostro caso un altro fattore entra in funzione, giacchè la scontinuità della membrana corneale produce uno spostamento dei labbri della ferita che, come abbiamo visto, può da solo esser causa di un grande astigmatismo.

Nè il Weiss nè il Laqueur danno le ragioni dello spostamento del labbro del lembo. Röder accennò nel congresso di Heidelberg del 1876 a un certo raggrinzamento dei cenci capsulari, quando sono stati già sede di proliferazioni cellulari. Non saprei intendere come possano avvenire trazioni in questo o in

quel senso che arrivino a modificare la curvatura della cornea, quando non vi siano forti aderenze della capsula col corpo ciliare; ed anche allora, essendo cicatrizzata la ferita corneale, i raggrinzamenti capsulari non potranno per sè soli, senza modificazioni infiammatorie, esecitare alcuna influenza sulla curvatura della cornea.

Io credo che le tre modificazioni suddette, raccorciamente del diametro orizzontale, allungamento del verticale, spostamento del labbro del lembo si debbano tutte ad unica causa, cioè all'azione dei muscoli retti del bulbo.

Imperocchè mentre la cornea non presenta alcuna scontinuità, essendo i liquidi intrabulbari incompressibili, la compressione che i muscoli esercitano sul bulbo per la loro stessa tonicità o per la loro contrazione non può modificare in nulla la superficie della cornea.

Diverso è il caso quando si è fatto un largo taglio: allora il muscolo superiore che s'inserisce sulla sclera in prossimità della ferita tira verso di sè il labbro sclerale, mentre i muscoli retti interno ed esterno, il cui piano di azione è orizzontale, non trovando le resistenze solite del bulbo, comprimono l'impianto della cornea nel meridiano che corrisponde al loro piano, e cio tanto maggiormente per quanto minore è la tensione intrabulbare. È evidente che per questa compressione sul diametro orizzontale si allunga il verticale, mentre il labbro del lembo subisce uno spostamento.

Una conferma di questa mia opinione io trovo in quei casi in cui senza nessuna complicanza, nè durante, nè dopo l'operazione si trova un forte astigmatismo per il solo fatto del non essersi rifatta presto la camera anteriore, od essersi vuotata durante la medicatura. (V. N°. 5 e N°. 39 Tav. A, e N°. 16 tav. B). È noto a tutti che quando un occhio si rammollisce per un processo infiammatorio che condure all'atrofia si riscontrano delle infossature là dove corrispondono i muscoli retti, per la pressione che essi vi esercitano.

Ordinariamente il raccorciamento del diametro orizzontale è superiore all'allungamento del verticale, ma queste modificazioni mantengono un certo rapporto fra di loro, per cui mentre l'uno cresce l'altro diminuisce.

Io credo che lo spostamento in avanti del labbro della ferita

non sia necessario per spiegare l'As; può bastare il raccorciamento del diametro orizzontale col corrispondente allungamento del verticale.

Intanto troviamo in alcune osservazioni segnate nelle tavole qui annesse che il meridiano verticale si è modificato appena e la maggiore modificazione invece si ritrova nel solo meridiano orizzontale. Ciò si osserva anche in molti occhi in cui sono state prese le misure più volte; nei quali si vede che la modificazione riscontrata nel meridiano verticale nella prima osservazione resta inalterata e la riduzione successiva dell'astigmatismo si deve solo al ritornare del diametro orizzontale verso la sua lunghezza primitiva.

In certi casi, senza alcuna ragione apprezzabile, vediamo che l'astigmatismo non si deve alle dette modificazioni, mentre invece si trova una diminuzione di curvatura in grado diverso ne' due meridiani.

Ma ciò non reca meraviglia, giacchè i nostri valori ottenuti col calcolo non son applicabili tali e quali a tutti i casi, anzi li dobbiamo riconoscere come valori approssimativi, poichè sono moltissimi i fattori che entrano in funzione in un occhio operato di estrazione di cateratta.

A misura che si avanza la cicatrizzazione si vanno modificando anche i due meridiani fino a ridursi talvolta allo stato che presentavano prima dell'operazione. L'età dell'operato ha poca influenza su queste modificazioni, le quali invece si presentano più o meno pronunziate a seconda degli accidenti durante l'atto operatorio o nel decorso della cura; come p. e. il prolasso del vitreo, il dovere allargare il taglio colle forbici, l'asportare la lente col cucchiaio, il riaprirsi della camera anteriore ne' primi giorni dopo l'operazione, il suppurare del lembo, l'impegno dell'iride o della capsula fra le labbra della ferita, ecc.

In questi casi spesso suol rimanere permenante un certo grado di astigmatismo.

Un astigmatismo superiore a tre diottrie raramente si osserva dopo un mese dall'operazione; dal secondo al terzo mese le modificazioni per lo più sono definitive.

Alcuni hanno voluto attribuire alla qualità del taglio una speciale influenza sulla quantità dell'astigmatismo. Reuss e Woinow credono che il taglio lineare sia quello che produce meno astig-

matismo rispetto ai processi a lembo, ma ciò non sembra abbastanza dimostrato dalle loro osservazioni. È necessaria una estesa serie di estrazioni coi varii processi, in cui principalmente si abbiano tenuto in giusto valore le diverse complicazioni, per poter tirare conchiusioni esatte.

Il generale un taglio netto ed una cicatrizzione lineare senza accidenti danno le condizioni più favorevoli per un minore astigmatismo.

Le tavole che io qui riporto si referiscono ad operati degli ultimi tre anni che il prof. de Vincentiis diresse questa clinica e di quello in corso, nel quale ne ho tenuto io l'incarico.

Oltre le poche osservazioni di Reuss e Woinow e le pochissime di Weiss fatte coll'oftalmometro di Helmholtz io non ne conosco che 38 di Laqueur, il quale si servì dell'oftalmometro Javal e Schiötz senza tener conto nè della direzione nè del raggio di curvatura del meridiano principale, nè delle complicazioni durante e dopo l'operazione. Egli non esaminò neppure la causa dell' astigmatismo che riferisce completamente al solo spostamento del lembo, secondo Weiss.

Io mi son servito dell' oftalmometro Javal e Schiötz ed ho avuto cura di determinare quasi sempre la direzione ed il raggio dei meridiani di massima e minima curvatura ed ho cercato di dare nelle note la ragione di certi gradi forti di astigmatismo che non si saprebbero spiegare in condizioni ordinarie.

Il numero di queste osserzazioni fatte sopra 146 occhi, ed in alcuni ripetute più volte, credo possa essere molto utile per illustrare la quistione di tale astigmatismo corneale.

In quattro occhi ho notato l'astigmatismo consecutivo a semplice iridectomia ed ho potuto riconoscere che la causa dev'essere riposta negli stessi fatti che per l'estrazione, ma il grado minore dipende dalla minore ampiezza del taglio.

[Voir dans l'original les cinq grands tableaux dans lesquels M. Sciemini a réuni les mensurations faites sur 146 opérés.]

XXVII

IS ASTIGMATISM A FACTOR

IN THE CAUSATION OF GLAUCOMA?

by Samuel THEOBALD, M. D.,

Surgeon to the Baltimore Eye, Ear and Throat Charity Hospital.

(A paper read before the American Ophthalmological Society, Congress of Physicians and Surgeons, Washington, September 19, 1888).

Before entering upon the consideration of the subject proper of this paper, I wish by way of preface, to state my conviction, based upon somewhat extensive observation, that in astigmatism the direction of the meridians of greatest and least refraction determines, to a very marked degree, the amount of the asthenopia and other ill consequences which usually attend this form of ametropia. That is to say, an astigmatism in which the meridian of least refraction is vertical or nearly so, will, as a rule give rise to very much more trouble—more asthenopia, more headache, and a greater likelihood of pathological changes occurring in the eye—than will one of equal or even greater degree in which the meridian of least refraction is horizontal, or nearly so. What the explanation of this fact is, I am not prepared to say, unless it be, as seems altogether probable, that the former variety of astigmatism is a wider departure from the normal or emmetropic eye than the latter, and for this reason the eye is more intolerant of it, anden deavors

more actively and more persistently to overcome it. There can be no question, of course, that the latter variety—in which the meridian of lowest refraction approaches the horizontal—is the more common; and, in my own mind, there is as little question that the non-asthenopic astigmatic eyes, which we all recognize as being by no means rare, belong almost wholly to this group. On the other hand, experience has convinced me that when the boundary line is over-stepped to even a very small degree, when there is the slightest amount of what has been correctly termed "astigmatism against the rule," —that is astigmatism in which the lowest refraction is vertical or nearly so—asthenopic symptoms are almost sure, sooner or later, to make their appearance.

So fully convinced am I of the correctness of this view, that my practice in dealing with astigmatic cases has been for some time influenced by it. For example, if I find in an asthenopic patient even a quarter-dioptre of astigmatism of this unusual variety, I feel that I have discovered a satisfactory explanation of the symptoms, and I prescribe glasses for the correction of this slight error of refraction, with the utmost confidence that they will give decided relief. If, on the contrary, with so small an amount of astigmatism as this, the meridian of lowest refraction be about horizontal, I hesitate to decide that it is the true cause of the asthenopia, and, if I order correcting glasses, it is not without misgivings as to the result.

Another characteristic of this—as I am sometimes disposed to call it—topsy-turvy astigmatism is that for some reason—perhaps, because the effort to accomplish it is more persistent than in the commoner variety—the eye seems to be capable in an eminent degree of hiding it away, so to speak, of rendering it latent through the action of the ciliary muscle upon the lens, so that its detection and its correction by means of glasses are more than usually difficult; and, when we have prescribed such lenses as seem to be indicated, we can never feel sure that there is not an additionnal portion which we have been unable, even by liberal use of a mydriatic, to render manifest, and which we shall eventually have to take into account. Still another of its peculiarities is that, even though

it be of very low grade, relief from the asthenopic symptoms which it induces is seldom obtained unless the correcting glasses be worn constantly—in distant as well as in near vision; a fact which I invariably take into account in directing how the glasses shall be used.

Lastly, I may add that by far the greater number of pronounced cases of choroido-retinitis from accommodative strain that I have met with, have been associated with this variety ot astigmatism; and in view of this experience I need hardly say — and this brings me back to my proper subject — that I have attached more significance to the cases of glaucoma associated with astigmatism which I have met with, and have been less disposed to regard the co-existence of the two as accidental, because, in almost every instance, the astigmatism has proved upon examination to be of this troublesome sort.

I shall not, in this paper, attempt to discuss the almost innumerable theories of the etiology of glaucoma which have been advanced from time to time. It is, perhaps, safe to say that no one of them contains the whole truth, and that most of them are not wholly at fault. When our knowledge of the subject becomes more complete, we shall doubtless be able to draw a much broader distinction than we now do between the very different conditions which, at present, are grouped under the common name of glaucoma, and then we shall probably learn that these different conditions are by no means to be traced to a common cause. Even with our present imperfect knowledge, I think we are justified in believing that in most cases there are two factors which have to do with bringing about the glaucomatous condition: first, a defect or inadequacy in the drainage apparatus of the eye, which it is likely may be either congenital or acquired, and which must be regarded as the predisposing condition, and, second, an excessive formation of fluid in the posterior chamber of the eye, which probably may be brought about in a variety of ways, and wich is to be looked upon as the immediate or exciting cause.

Among the conditions which have been suggested as capable of producing such an undue formation of fluid in the vitreous chamber, hyperæmia of the ciliary body and choroidal

coat occupies a prominent position. Now, if there be an anomaly of the eye better qualified to produce this condition of hyperæmia, or which, so far as the ophthalmoscope indicates, does more systematically produce it, than astigmatism—and particularly that variety of astigmatism upon which I have laid especial stress—it has not been my fortune to meet with it. It is in this way, then, that I believe astigmatism acts as a factor in the causation of glaucoma. (As bearing upon this view it is well to recal how often attacks of glaucoma are brought on by prolonged accommodation strain, from undue use of the eye in reading, writing, etc.)

The cases which I shall briefly refer to as sustaining this view, I realize, are not numerous enough or of such a character as to afford conclusive evidence; but, the yare, at least, suggestive, and deserve, I think, not to be dismissed without consideration. Perhaps the list would have been longer if the subject had not so recently attracted my attention. With but two exceptions they have all been observed within the last twelve months, and all but one have occurred in my private practice. As will appear, they are of two classes, first, cases of pronounced glaucoma in which astigmatism was found to be present, and, second, cases of astigmatism in which there were discovered signs at least suggestive of a threatening of glaucoma. To me, they have seemed of such significance that in future, whenever I encounter a case of glaucoma, not so far advanced as to render such an examination out of the question, I shall feel that I have not done my whole duty until I have carefully tested for the existence of astigmatism and have accurately corrected any appreciable amount of it which the test may have shown to be present.

Case I. Mr. P., age 49. L. eye, chronic glaucoma with posterior polar lens opacity. When first seen, V. of L. eye was 20/LXXX; V. of R. eye, 20/xxx (?). L. eye+T1; R. eye+T1 (?). Has suffered with neuralgic pains in temples, especially on left side. Ah. 1/24 was found to be present in the L. eye, Ah. 1/36 in the R. eye, the meridian of lowest refraction being exactly vertical in the former, and at 85° in the latter. Correcting glasses were prescribed (Feb. 16, 1888), which brought the V. of the L. eye up to 20/XLV (?), and that of the R. eye to 20/xv (?).

Subsequently an iridectomy was performed upon the L. eye. Notwithstanding this, however, the glaucoma has progressed in this eye, but the R. eye has done well. When last seen (Sept. 10), the media of the L. eye were misty, and its T+1. The R. eye, with his astigmatic glass, which he has worn constantly, had, by a very poor light, V=20/xx (?); exhibited no changes in the fundus suggestive of glaucoma; and had Tn.

Case II. Mr. J. P., about 75 years of age. R. eye, absolute glaucoma, with secondary cataract; absence of light perception; intermittent ciliary neuralgia; + T2. L. eye + T1 (?), with slight contraction of nasal half of visual field, and V=20/c (?). Examination revealed compound Ah. in this eye, lowest refraction nearly vertical. Patient declined operation. Prescribed eserine, and for the L. eye ordered + 1/72 c axis 35, combined with + 1/36 s for distant, and with + 1/8 s for near vision. The former improved V to 20/xlv.

Case III. G. H., age 74. Chronic, non-inflammatory glaucoma. R. eye + T1 (?); V = light perception. L. eye + T 1 (?). Found in the L. eye compound Am. lowest refraction vertical. Prescribed spectacles for constant use, R. eye, plain glasse; L. eye — 1/72 c ax. 90°, which left M = 1/15 uncorrected; but, this was convenient for his work (varnishing furniture), and was sufficiently satisfactory to him in distant vision. In spite of the glass, however, and the systematic use of eserine, his V. with correcting glass has declined slightly, from 20/xl (?), in January last, to 20/lx on August 15 (1).

Case IV. Mrs. C., age 61. R. eye, absolute glaucoma ; + T 2, with intermittent attacks of pain, notwithstanding, she had previously submitted to the performance of an optico-ciliary neurotomy upon this eye. In the L. eye, which exhibited symptoms of incipient glaucoma, compound Am. was found to be present, the meridian of lowest refraction in this instance being horizontal. Correcting glasses were prescribed — for distance, L. eye — 1/20 s ⌒ — 1/60 c axis 180°; for reading + 1/72 s ⌒ + 1/60 c axis 90°; these gave V = 20/xl (?), and

(1) At a subsequent visit (Oct. 7) V. was brought up to 20/xl (nearly) by increasing the strength of the cylinder to — 1/36, and combining with it a spherical glass to correct the myopia.

very distinct venous pulse, and a suspicious cupping of the optic disc. In the R. eye the disc was hyperæmic, but not cupped, and there was no venous pulse. Tn, in each.

Case X. Mrs. K., age 35. Ah. 1/72 in R. eye; compound Ah. 1/144 in L. eye, lowest refraction nearly horizontal in each; asthenopia, chiefly in more astigmatic (R) eye, and headaches. The optic disc of the R. eye was extremely hyperæmic, and exhibited a suspicious cupping, which was not present in the other eye. There was also in R. eye a well-marked venous pulse. Patient said she had often seen a halo about candle-flame.

Case XI. Mrs. S., age 33. Marked anisometropia; Am. 1/18 in R. eye; M. 1/20, with Am. 1/60, in L. eye, lowest refraction about horizontal in each; persistent asthenopia, in spite of previously prescribed astigmatic glasses. Each eye showed a suspicious cupping of the disc.

Case XII. Mrs. L., age about 38. Asthenopia of long standing. M. 1/20, with Am. 1/16 in R. eye, lowest refraction nearly horizontal; Ah. 1/36, lowest refraction nearly vertical (at 85°,) in L. eye. Well marked choroido-retinal changes at posterior pole of R. eye, with numerous floating opacities in vitreous. Smaller and less numerous opacities in vitreous of L. eye. Has attacks of pain from time to time in L. eye and left side of face and head, and has observed a halo about candle flame. While under observation the left disc became somewhat cupped, and a venous pulse became established in this eye. The T, however, was never found appreciably above normal in either eye, and the sight of the L. eye remained good. The astigmatism was corrected; small doses of biniodide of mercury, with iodide of potassium, were given, from time to time, for long periods, and pilocarpine (gr. ij to 3j) was applied to the eye; and gradually the glaucomatous symptoms, including the venous pulse, disappeared, and when the patient was last seen a period of six months had intervened without any signs of a relapse.

XXVIII

HORNHAUTKRÜMMUNG

BEI ERHÖHTEM INTRAOCULAREN DRUCK

INAUGURAL-DISSERTATION

vorgelegt der

hohen medicinischen Facultät der Universität Bern

Von WILHELM EISSEN,

aus Schildesche (Westfalen).

Von der Facultät genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. Pflüger.

Bern, Februar 1888.

LEIPZIG, Wilhelm Engelmann, 1888.

(*Gräefe's Archiv*, t. XXXIV.)

Angeregt durch die Arbeit von Pfalz « Ophthalmometrische Untersuchungen über Corneal-Astigmatismus (1) » besonders durch den Abschnitt über « Astigmatismus bei Glaucomatösen» habe ich mich entschlossen, diesen Gegenstand einer Prüfung zu unterziehen, und zwar durch Beobachtung der Veränderung der Hornhautkrümmung am Thierauge bei künstlich erhöhtem Druck.

Pfalz hat 39 Fälle von Glaucom ophthalmometrisch unter-

(1) Graefe's Archiv, Bd. XXXIV, Abth. 1.

Annahme, dass der Astigmatismus das Primäre sei und, da länger andauernde accommodative Anstrengung als ein Moment gelte, welches, bei sonstiger Disposition des Auges dazu einen glaucomatösen Anfall auslösen könne, so liege eine ähnliche Annahme für den Cornealastigmatismus nahe, der an sich die Veranlassung zu anhaltender astigmatischer Accommodation geben könne.

Für diese seine Ansicht führt er den Umstand an, dass die schweren Formen des Glaucoms sich meist bei den stärkeren Graden des Astigmatismus fänden, sowie, dass das stärker astigmatische Auge bei ein und derselben Person schwerer oder überhaupt allein erkranken könne. Diese seine obigen Betrachtungen will Pfalz aber selbst nur für seine unter A und B angeführten Fälle als zutreffend erachten.

Für die unter C angeführten Glaucomfälle lässt Pfalz die Frage nach der Ursache für die anomale Form des Cornealastigmatismus offen. Er glaubt allerdings aus einem ausführlich beschriebenen Falle die Ansicht ableiten zu können, dass der gefundene anomale Astigmatismus die Folge der hohen und lang andauernden Drucksteigerung sei. Er kommt zu dem Schlusse, dass das, was für den einen Fall wahrscheinlich sei, auch auf die anderen Fälle der Gruppe C zutreffen könne und glaubt nun auch eine Erklärung dafür gefunden zu haben, warum die anomale Astigmatismusform nur bei sehr schweren Erkrankungen des Auges gefunden werde, indem für das Zustandekommen derselben die Voraussetzung eines lange und energisch einwirkenden intraocularen Drucks festgehalten werden muss.

Nach einer Erklärung seiner Beobachtungen auf anatomisch-physiologischer Grundlage suchend, erinnert Pfalz an die einschlägigen Experimente von Helmholtz (1) und Schelske (2), auf die ich weiter unten eingehen werde. Anführen will ich hier nur, dass Pfalz der Ansicht ist, dass die am enucleirten Bulbus vorgenommenen Versuche nicht ohne Weiteres auf das lebende Auge übertragen werden können, da das lebende Gewebe grössere Widerstandsfähig-

(1) Arch. f. Ophth. I. 2, 17.
(2) Arch. f. Ophth. X, 2, 1—46.

sucht, 8 Glaucome ohne Corneal-Astigmatismus, mit der gewöhnlichen Form von Astigmatismus 19 Glaucome mit der perversen Form dessel gekrümmter Meridian in der Nähe der Horizont liche Fälle sind einzeln kurz angeführt und in dr B, C, seiner Tabelle VII untergebracht.

Unter den 29 astigmatischen glaucomatösen ten 16 oder 55.2 pCt. perversen Astigmatismus übrigen untersuchten Augen incl. Cataract n diese seltene Form aufwiesen. Dieses konnte beruhen.

In allen Fällen der Gruppe A, mit A einzigen, handelt es sich um die als Gl bekannte reizlose Form. Die Ausnahme bildet siger acuter Anfall, der durch Eserin sofort war.

Die Sehschärfe war oft normal, nur Demgemäss wird der intraoculare Druck, leider keine Angaben gemacht werden, Ganzen relativ wenig alterirt gewesen weise kann bekanntlich bei Glaucoma sim sogar T + 2 mit einer Sehschärfe von 1/ tragen.

In der Gruppe B führt Pfalz ebenfalls F simplex mit allerdings geringerer Sehsch Dauer der Erkrankung an, als die in der er zwei Ausnahmsfälle mit acuten Erscheinun Uebergang zu der Gruppe C, in welche die Krankheitsverlauf mit mehr oder weniger haften Glaucomanfällen verbunden war u deletäre Wirkung der Erkrankung sich setzung der Sehschärfe, in einzelnen Fall sprach.

Pfalz glaubt, dass nach dem Angefü Zusammenhang zwischen der Cornealasym der anomalen Form, und der glaucomatöse betreffenden Auges nicht bestritten werd scheidung jedoch über die Frage, was als U Wirkung aufzufassen sei, lässt er dahinges

keit besitze, sowie auch am lebenden die umgebenden Gewebe des Auges von Einfluss auf eine etwaige Gestaltsveränderung seien. Bei Glaucom käme auch noch in Betracht, dass der Druck, selbst bei der acuten Form, sich viel allmählicher entwickele als im Experiment. Licht könne nach Pfalz in diese Frage nur die klinische Beobachtung bringen, wenn es gelänge, die Cornealverhältnisse sowohl vor dem Ausbruch des Glaucoms oder im Beginn desselben als nach längerem Bestehen der Erkrankung zu bestimmen. Solche Beobachtungen sind in der deutschen Literatur bis jetzt nur drei von Laqueur veröffentlicht und diese glaubt Pfalz nicht als beweiskräftig dafür ansehen zu dürfen, dass Glaucom keine Veränderung in der Krümmung der Hornhaut hervorbringen könne. Er glaubt sie dem Charakter der Erkrankung nach, sowie in Bezug auf Intensität und Dauer auf gleiche Stufe mit den Fällen unter A und B stellen zu müssen, in denen ja auch ein Einfluss des Glaucoms auf die Cornealkrümmung als unwahrscheinlich angenommen wurde. Schwere Formen, wie sie unter C angeführt sind, einer längeren Beobachtung zu unterziehen, ist unzulässig, da die Rücksicht auf die damit verbundene schwere Schädigung des Sehvermögens ein frühzeitigeres Eingreifen gebietet.

Pfalz kommt am Schlusse seiner Arbeit zu der Annahme, dass, wenn nicht der Zufall einmal solche Beobachtung gestatte, wir uns mit der grösseren oder geringeren Wahrscheinlichkeit von Vermuthungen begnügen müssen. Er glaubt aber auch, dass schon eine grössere Statistik als seine, manches Aufklärende über die vorliegende Frage bieten würde, speciell, ob Cornealastigmatismus nur eine zufällige Complication oder unter Umständen die Folge des Glaucoms sei.

Helmholtz sagt in seiner klassischen Arbeit : „Ueber die Accommodation des Auges" im I. Band des v. Graefeschen Archivs (1854), in welcher er das Ophthalmometer in die Ophthalmologie einführt : „Ich halte es für wahrscheinlich, dass solche — ophthalmometrische — Messungen an erkrankten Augen angestellt, interessante Resultate liefern könnten. Ich habe nämlich gefunden, dass die Hornhautkrümmung, abgesehen von individuellen Verschiedenheiten, von dem Drucke der Flüssigkeiten im Auge abhängt,

so dass der Krümmungsradius der Hornhaut desto grösser wird, je grösser der Druck ist."

Zehn Jahre später hat Schelske unter der Leitung von Helmholtz auf experimentellem Wege der Frage näher zu kommen gesucht in seiner Arbeit: „Ueber das Verhältniss des intraocularen Drucks und der Hornhautkrümmung des Auges" (1). Dieselbe wurde ausgeführt in Heidelberg im Jahre 1864.

Schelske experimentirte, ähnlich wie v. Helmholtz, an enucleirten Thier- und Menschenaugen und benutzte zum Ablesen bei seinen Versuchen das Ophthalmometer von Helmholtz. An diesen Augen konnte Schelske die Cornealveränderungen bei Druckzuwachs nicht über die ganze Hornhaut bestimmen, sondern er musste sich auf ihre wichtigste Partie d. h., auf den centralen Theil beschränken. Dieser Theil wurde durch den Mittelpunkt der scheinbaren Pupille bestimmt. Er fand nun bei seinen Versuchen, dass sich das Centrum abflacht und zwar steht die Abflachung und die Druckzunahme innerhalb des Auges in einem nachweisbaren regelmässigen Zusammenhang. Hier sei noch einer Beobachtung Schelske's gedacht, auf die ich bei meinen Versuchen noch zurückkommen werde. Schelske fand nämlich, dass bei einer gewissen Höhe des Drucks, der Krümmungsradius, welcher bis dahin stetig zugenommen hatte, nicht allein nicht stehen blieb, sondern sogar kleiner wurde Bei weiterer Erhöhung des Druckes folgte ein kurzes Stehenbleiben und schliesslich wieder eine gleichmässige Vermehrung der Abflachung. Diese Beobachtung veranlasste Schelsk'e zu anatomischen Untersuchungen, deren Resultat ich hier wörtlich mittheilen will:

> „Macht man feine Schnitte, in der Richtung und Gegend des Cornea-Scleralfalzes, normal auf den Augapfel, so erkennt man an diesen in der Gegend des Canalis Schlemmii und dessen innerer Wand stark wellige Fasern circulär um die Hornhaut hinziehen, so dass sie etwas hinter diesem Canal den inneren Theil der Sclerotica einnehmen, während vorn ge-

(1) Archiv f. Ophthalmol. Bd X, Abth. 2.

streckte vorlaufen. Auch an der anderen Seite des Canalis Schlemmii verlaufen die Fasern gewellt, aber in meridionaler Richtung, während sie in den äusseren Partien der Sclera geradlinig hinziehen.

Sehr ähnlich verhält sich die Sache beim Kaninchen, hier giebt es eine besonders ausgezeichnete Stelle in der Gegend des Ciliarkörperansatzes, wo die inneren Scleralfasern schlingenartige Wellenlinien beschreiben, die äusseren aber gerade sind."

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle einige Worte über die Versuche von Schelske anzuführen.

Dieselben wurden, wie oben bemerkt, an enucleirten Augen ausführt. Jeder, der jemals mit solchen Objecten gearbeitet hat, wird mir gewiss daren beistimmen, dass es ganz unmöglich ist, selbst bei der exactesten Methode ohne Fehler zu arbeiten. Ich selbst habe verschiedene Versuche an enucleirten Augen verschiedener Thiergattungen gemacht, aber stets hatte ich mit den verschiedensten Fehlern zu kämpfen. Eine grosse Fehlerquelle liefert schon die Einbettung. Ich habe dieselbe auf die verschiedenste Art versucht, aber stets konnte ich einen Druck oder eine Zerrung der Cornea wahrnehmen, war es auch nicht mit blossem Auge, so doch stets durch das Ophthalmometer von Javal und Schiötz. Dieses Instrument hat vor dem Helmholtz'schen Ophthalmometer den Vorzug, dass bei demselben das Tageslicht benutzt werden kann und dass der Krümmungsradius direct abgelesen wird. Dass Ablesen der Treppenstufen verräth die geringsten Veränderungen der Hornhautoberfläche, wie sie durch Verdunstung, Accommodationskrampf. u. s. w. hervorgerufen werden und verlangt exactere Versuchsbedingungen als das Abschätzen der Distanzen von den drei Lichtern.

Eine zweite Fehlerquelle liegt schon in der Enucleation selbst, denn wie Schelske selbst zugeben muss, waren die Bulbi etwas weich, zusammengefallen. Ich suchte dies so viel als möglich dadurch zu vermeiden, dass ich die Unterbindung des Sehnerven möglichst schnell ausführte; aber auch dies schützte nicht immer. War man aber glücklich bis zu der Einführung der Canüle und Erhöhung des Druckes gelangt, so treten, wenn nicht schon von Anfang an, so doch bald Trübun-

gen der Hornhaut auf, bestehend in Epithelabschilferungen, Bläschenbildung, etc., wie sie Schelske ja auch hinreichend beobachtet hat, die sofort unsere Bilder der Cornea zur Unkenntlichkeit verzerrten, unbrauchbar machten. Auf einen andern Punkt, auf den Pfaltz aufmerksam gemacht hat, nämlich auf die Widerstandsfähigkeit des lebenden gegenüber dem todten Gewebe, will ich nicht so viel Gewicht legen, da doch eine zu kurze Spanne Zeit zwischen der Tödtung des Thieres resp. Enucleation und der Untersuchung liegt. Dagegen muss ich Pfalz vollständig beistimmen mit Bezug auf den Einfluss des umgebenden Gewebes auf etwaige Gestaltveränderung des Auges.

Durch das Angeführte sind die Fehlerquellen noch lange nicht erschöpft, aber ich glaube, es ist genügend, um Jedermann klar zu machen, welche Uebelstände bei den Schelskeschen Versuchen unterliefen.

Coccius berichtet im Jahre 1872 in seiner Monographie „Ophthalmometrie und Spannungsmessung am kranken Auge", dass er bei Glaucomatösen im vorgerückten Alter, besonders bei einseitiger Erkrankung trotz hoher Spannung, Druck-Excavation, Arterienpulses keine nennenswerthe Krümmungsabweichung resp. Vergrösserung des Krümmungsradius gefunden habe, während in jüngeren Jahren eine Drucksteigerung eine ganz erhebliche Abflachung der Hornhaut hervorrufen könne. Er führt ein Beispiel von einem Mann in den dreissiger Jahren an, wo der Krümmungsradius der Horhaut von 7.75 mm nach der Discision eines weichen Linsenstaares in Folge der Linsenquellung und Drucksteigerung vorübergehend auf 8,20 mm gestiegen war.

Donders (1) war früher ebenfalls zu negativen Resultaten in Bezug auf den Einfluss des intraocularen Druckes auf die Hornhautwölbung gekommen. Auch Laqueur theilt in seiner Arbeit: „Ueber die Hornhautkrümmung im normalen Zustande und unter pathologischen Verhältnissen " (2) Versuche mit, die derselbe an enucleirten Schweinsaugen angestellt hat. Er kommt zu dem Resultate, dass bei Erhöhung des intraocularen

(1) v. Graefe's Arch. f. Ophth. VIII. 2, 163.
(2) v. Graefe's Arch. f. Ophth. XXX. 1, 113-115.

Druckes durch Einspritzen von Wasser in den Glaskörperraum, die Cornea sich erheblich abflachte und in allen ihren Durchmessern eine messbare Vergrösserung stattfand.

Diesen Versuchen haften dieselben Bedenken an, wie denjenigen von Schelske.

Georges Martin in Bordeaux, der sich in den letzten Jahren ein Specialstudium aus den klinischen Beobachtungen des Astigmatismus gemacht hat, spricht im Jahre 1883 in seinen « Etudes d'Ophtalmométrie clinique » (1) über die Beziehungen von Glaucom und Astigmatismus. Er kommt zu folgenden Schlussätzen :

1. In einer gewissen Anzahl von Glaucomfällen ist der Cornealastigmatismus kein unveränderlicher Zustand.
2. Ein gewöhnlicher Astigmatismus kann geringer werden oder ganz verschwinden; er kann sogar durch einen Astigmatismus perversus ersetzt werden.
3. Der Grad des Astigmatismus perversus kann höher werden, je nachdem die Krankheit Fortschritte macht.
4. Derselbe kann sich auch verringern, wenn das Glaucom Rückschritte macht.
5. In einem Falle wurde ein Astigmatismus mit geringster Krümmung in der Horizontalen durch einen schrägen Astigmatismus ersetzt.
6. Diese Abwechselungen im Astigmatismus bei Glaucom können dazu beitragen, den Kliniker über den Verlauf der Krankheit zu unterrichten. In gewissen Fällen spielt das Ophthalmometer die Rolle eines Tonometers.
7. Die Veränderungen werden besonders bei relativ wenig bejahrten Individuen beobachtet; sie sind abhängig vom intraocularen Druck und der Elasticität der Gewebe.
8. Der Astigmatismus perversus wurde in dem Verhältniss von 50 pCt. angetroffen. Seine, bei mehreren Patienten constatirte Veränderlichkeit lasse ihn viel-

(1) Annal. d'Ocul. Tome XCIII, p. 221-243

mehr als Folge des Glaucoms, denn als Ursache dieser Affection erkennen.

9. Der Astigmatismus mit schwächst brechendem verticalen Meridian wird durch Incisionen am obern Cornealrand (Sclerotomie, Iridectomie) häufig verstärkt. Solche Incisionen vermindern, allgemein gesprochen, die vertikale Krümmung der Hornhaut.
10. Die plötzliche Abnahme der Sehschärfe, welche einige Zeit nach einer von diesen wegen eines Glaucominsultes ausgeführten Operationen auftritt, kann an die Dilatation des vertikalen Meridians der Hornhaut gebunden sein und durch Cylinder corrigirt werden.

Martin spricht sich in diesen Schlusssätzen schon viel bestimmter aus über den Causalnexus zwischen Astigmatismus und Glaucom, als es Pfalz kann. Beide Arbeiten sind zu gleicher Zeit, ganz unabhängig von einander erschienen. Martin betont als der Erste die Veränderlichkeit des perversen Astigmatismus und misst derselben erhebliche klinische Bedeutung bei.

In der 4. Versammlung der französischen ophthalmologischen Gesellschaft im April 1886 kommt Martin auf die Frage zurück in seinem Vortrage „Des variations dans le degré et le sens de l'astigmatisme cornéen, chez les glaucomateux." Die Beweise, die er zur Stütze der von ihm zuerst constatirten Veränderlichkeit des Astigmatismus während der Entwickelung des Glaucomes anführt, theilt eir ein in

A. indirecte, und zwar:

1. Die sehr bemerkenswerthe Häufigkeit des perversen Astigmatismus bei Glaucom.

Während Pfalz bei Abzug der Glaucomatösen unter allen Patienten nur 2,3 pCt. mit perversem Astigmatismus zählte, fand er bei den Glaucomatösen 41 pCt. und Martin 50 pCt.

2. Die sehr grosse Zahl der Fälle, wo die Refraction des verticalen Meridianes relativ geringer ist in dem Auge, das einzig glaucomatös ist, oder stärker glaucomatös als das andere.

Von 9 Patienten, die Martin tabellarisch anführt, sprechen 8 für die Regel und von 8 Patienten von Pfalz 6.

B. in directe:

1. Fünf, von Martin in verschiedenen Intervallen ophthalmometrisch sicher untersuchte Fälle, in denen während der Evolution des Glaucomes der Krümmungsradius des verticalen Meridianes stetig zugenommen hatte.
2. Vier Fälle, in denen Martin unter dem Einfluss einer antiglaucomatösen Behandlung eine progressive Abnahme des Krümmungsradius des verticalen Meridianes beobachtete.

Schoen weist in seiner letzten Arbeit (1) — « Die Accommodationsanstrengung und deren Folgen » — ebenfalls auf das häufige Zusammentreffen von Glaucom mit Astigmatismus perversus hin. Unter 10 beobachteten Fällen dieser Form von Astigmatismus (Tabelle IV), findet sich bei zweien die Notiz hochgradige Excavation, bei zwei andern randständige, während fünfmal mittlere Excavation, die sog. accommodative Excavation Schoen's vorgemerkt ist, und nur ein einziges Mal jede Excavation fehlte.

Leider ist von diesen 10 Fällen nur einer ophthalmometrirt worden, der hochgradigste (— c 15 || und — 30 — c 18 || 165) und hier war die Hornhaut nicht der Sitz des Astigmatismus.

Schoen legt ebenfalls besondern Nachdruck auf die Veränderlichkeit des umgekehrten Astigmatismus.

Dass nach Eserin-Einträuflung in menschliche und thierische Augen neben Krampf des Ciliarmuskels, auch Verkürzung des Hornhautradius zu Stande kommt, ist durch ophthalmometrische Untersuchungen von v. Reuss(2) und von Stocker(3) nachgewiesen. Ob der Accommodations-spasmus einzig die Veränderung der Hornhautwölbung bedingt oder ob eine Veränderung des intraocularen Druckes mitwirkt, kann aus

(1) Arch. f. Ophth. XXXIII, 1, 19.
(2) Arch. f. Ophth. XXIII, 3.
(3) Arch. f. Ophth. XXX, 1.

den bisherigen Beobachtungen nicht mit Sicherheit geschlossen werden.

Die einschlägigen Thierversuche, die ich vor dem Erscheinen der letzt mitgetheilten Arbeit von Georges Martin und Schoen auf Rath von Herrn Prof. Pflüger unternommen habe, wurden angestellt in einem Zimmer des hiesigen physiologischen Instituts, welches Herr Prof. Kronecker mir in der liebenswürdigsten Weise zur Verfügung gestellt hatte. Ich benutze gern die Gelegenheit, ihm an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank dafür auszusprechen.

Als Versuchsthiere benutzte ich Kaninchen. Um von vorn herein jede Störung, die von Seiten des Thieres durch Bewegung etc. gemacht werden konnte, auszuschliessen, ging ich folgendermassen vor. Nachdem das morphinisirte Thier aufgespannt war, wurde zuerst zur Tracheotomie geschritten, alsdann zur Aufsuchung der Vena jugularis externa, in die eine Kanüle eingebunden wurde. In die Vene wurde eine 1 procentige Lösung von Curare gespritzt. Die Wirkung des Curare trat augenblicklich ein und um nun zu verhüten, dass das Thier ersticke, wurde die Trochealcanüle, mit dem im hiesigen physiologischen Institut befindlichen Apparat zur Unterhaltung von künstlicher Athmung in Verbindung gebracht. Da der Apparat, wie ich glaube, kaum allgemein bekannt, doch bei Versuchen, wie die vorliegenden, von grösster Wichtigkeit ist, so will ich auf eine Beschreibung, wie sie von Herrn Prof. Kronecker mir geboten wurde, etwas näher eintreten.

Kronecker's Apparat zur künstliken Athmung wird durch beistehende Figur verdeutlicht. Der Apparat besteht aus einem (bekannten) Wassertrommelgebläse und aus einem (neu construirten) Schieberhahn, welcher dient, den continuirlichen Luftstrom des Gebläses in beliebigen Intervallen zu unterbrechen. Zur Bewegung des Schieberhahns ist das aus dem Gebläse abfliessende Wasser dienstbar gemacht.

Das Wassertrommelgebläse besteht aus einem etwa 20 Liter

fassenden Blechcylinder A mit den Zu- und Abflüssen für Wasser und Luft. Wasser strömt unter möglichst hohem Drucke durch das Rohr W durch, die Kupferblechtrommel Tw und die beiden conisch endenden Röhren cR, cR in die weite-

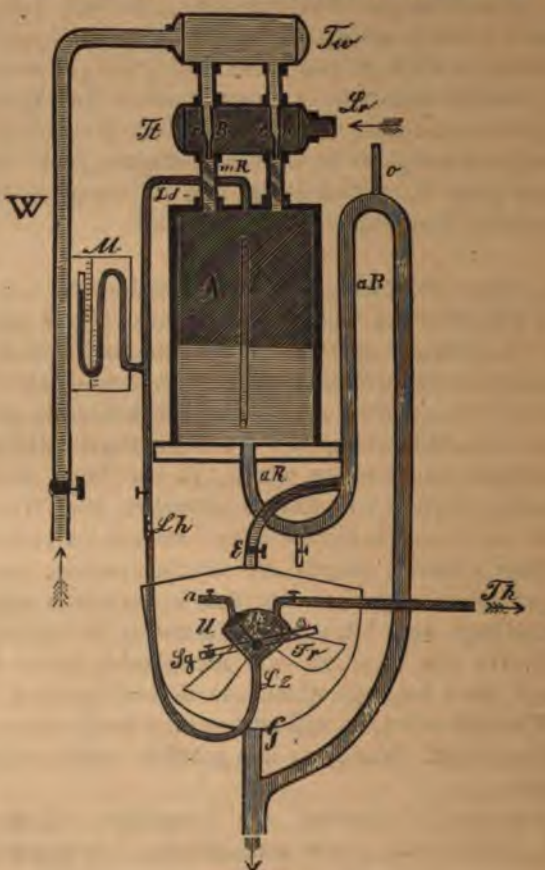


Fig. 65.

ren Mischröhren mR. Das herabfliessende Wasser reisst aus der Lufttrommel Tl die durch das Saugrohr Lr nachströmende Luft in die Mischröhren herab. Der Wasserluftschaum trennt sich im Sammelcylinder A zu einer unten gesetzten Wasserschicht und einer darüberstehenden Luftschicht. Das Wasser

läuft durch das S förmig gebogene Abflussrohr aR erst ab, wenn der Luftdruck das Wasser bis zur höchsten Stelle des Ausflussrohrs hinaufgedrückt hat. Das Abflussrohr ist so weit, dass der absteigende Schenkel niemals mit Wasser gefüllt wird, sondern durch die Luftöffnung O Luft nachströmen kann, so dass keine Heberwirkung sich geltend macht. Die comprimirte Luft entweicht aus dem Cylinder A durch das Luftdruckrohr Ld. Den Druck in demselben zeigt der Mamometer M an. Der Luftstrom tritt durch den Lufthahn Lh und das Luftzuflussrohr Lz in den Unterbrechungsapparat U.

Der Blas- und Unterbrechungsapparat besteht aus einem Schieberhahne Sh, welcher in einer Luftkapsel hin und her beweglich ist. In der einen Kreuzstellung deckt er die Ausströmöffnung a. Dann hat die Luft den Weg durch die andere Röhre Th zur Luftröhre des Thieres frei. In der entgegengesetzten Kreuzstellung des Schieberhahnes ist der Weg zum Thiere gesperrt; die Blasluft strömt durch das Ansatzrohr ins Freie. Der Schieberhahn wird rhythmisch hin und her bewegt durch einen Schaukeltrog Tr, d. h. ein Blechgefäss von der Form eines Doppelprisma, welches durch eine Scheidewand halbirt ist. Durch die gemeinsame Kante des Prisma läuft eine Axe, auf welcher auch der Schieberhahn sitzt. Der Schaukeltrog liegt in der einen Ruhestellung auf seitlicher Schlagseite. Dann steht das eine Hohlprisma unter dem Einflusshahne E.

Durch diesen kann aus dem Abflussrohre aR Wasser in die eine Troghälfte fliessen. Wenn diese etwa zu 2/3 gefüllt ist, gewinnt sie das Uebergewicht über das leere Prisma, fällt zur Seite bis auf seine Aufschlagleiste, dreht somit die Schieberhahnaxe; damit wird die gleichzeitige Luftöffnung geschlossen. Sogleich wird das Wasser aus diesem Hohlprisma in den Ausguss G entleert. Während dessen wird aber das andere unter den Einflusshahn gehobene Hohlprisma gefüllt, gewinnt seinerseits das Uebergewicht und holt den Schieberhahn auf die erste Luftöffnung zurück. Die Häufigkeit der Luftunterbrechung hängt dennoch von der Grösse des Wassereinflusses ab, kann also durch den Hahn E regulirt werden.

Ausserdem kann aber auch das Verhältniss der Respirationszeit zur Exspirationszeit variirt werden durch ein Schiebege-

wicht an einem graduirten Wagbalken, der gleichfalls an den Schaukeltrog — Schieberhahnaxe — befestigt ist. Giebt man dem Exspirationsprima das Uebergewicht, so wird dies Gefäss mit wenig Wasser schon umkippen. Das andere Prisma braucht dagegen umsomehr Wasser, um das Uebergewicht zu erlangen, d. h. also längere Zeit zur Füllung.

Derart kann das Verhältniss der Respirationsphasen ebenso wie die Frequenz der Respiration beliebig verändert werden. Der Apparat fungirt so lange völlig gleichmässig, wie der Wasserdruck (annähernd) gleich bleibt.

Das Einbinden einer Kanüle in die Vene hatte das Gute, dass ich leicht, ohne das Thier bewegen zu müssen, eine zweite Gabe von Curare der ersten folgen lassen konnte, im Falle die Wirkung der ersten nachliess. Auf diese Weise war ich gegen alles geschützt und vollständig unabhängig von der Dauer des Versuchs.

Zur Erhöhung des intraocularen Druckes benutzte ich das durch die Arbeit von Hoeltzke und Graser (Hoeltzke's Arbeit ist im Archiv für Ophthalmologie Bd. XXIX unter dem Titel: „Experimentelle Untersuchungen über den Druck in der Augenkammer" und Graser's Arbeit im Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. XVII, Heft 5 unter dem Titel: „Manometrische Untersuchungen über den intraocularen Druck und dessen Beeinflussung durch Atropin und Eserin") und durch die exacte und ausführliche Arbeit von Fr. Stocker über „den Einfluss der Mydriatica und Myotica etc." genügend bekannte Doppelmanometer. Der eine Schenkel desselben war verbunden mit einem kurzen, sehr dickwandigen Kautschukschlauch, um so jede Nachgiebigkeit der Wandung bei stark erhöhtem Druck auszuschliessen. Dieser Kautschukschlauch war in Verbindung gebracht mit einer Kanüle, wie sie Schultén in seiner Arbeit: „Experimentelle Untersuchungen über die Circulationsverhältnisse des Auges (1)", benutzte und auch ausführlich beschreibt. (Eine Abbildung findet sich in Graefe's Archiv f. Ophth. Bd. XXX. Abth. III, Tafel I). Der ganze Apparat wurde mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt.

(1) Graefe's Archiv f. Ophth. XXX. III und IV.

Zum Ablesen der Veränderungen der Hornhautkrümmung verwandte ich das bekannte Ophthalmometer von Javal und Schiötz.

Zur Beleuchtung benutzte ich Tageslicht, welches mir vollständig genügte.

Waren so alle Vorbereitungen zum eigentlichen Versuche genau getroffen, so wurde das Thier auf den Bauch gelegt und der Kopf in einer möglichst natürlichen Lage befestigt. Jetzt wurde das Ophthalmometer auf- und eingestellt und zur ersten Ablesung geschritten.

Einschalten will ich noch, dass ich hier gleich auf eine kleine Unannehmlichkeit stiess, welche das Curarisiren mit sich brachte. Ich meine nämlich die Vertrocknung der Hornhaut, welche sich bald, da durch das Curare der Lidschlag unmöglich gemacht war, einstellte, und zwar schon in der allerkürzesten Zeit. (Bruchtheil einer Minute.) Ein Ablesen war so schlechterdings unmöglich, indem durch die xerotischen Veränderungen der Hornhaut ihre Reflexbilder sofort ganz verzerrt wurden. Wie Schelske, der über diesen Punkt keine Angaben macht, an todten Augen überhaupt Reflexe bekam, die eine irgendwie ordentliche Einstellung und Ablesung erlaubten, ist mir nicht recht verständlich.

Als ich einmal auf diesen Uebelstand aufmerksam geworden war, war es leicht, denselben durch eine kleine Vorrichtung zum Irrigiren auszuschalten. Aber auch bei der Irrigation mit Wasser von Zimmertemperatur, wie ich sie zuerst versuchte, machte ich schlechte Erfahrungen. Der Ciliarmuskel gerieth durch den Reiz des kalten Wassers dermassen in krampfartige Contractionen, die ziemlich langsam nachliessen, dass von exactem Ablesen nicht die Rede sein konnte, Durch Anwendung von lauwarmem Wasser liessen sich diese kleinen Missstände dauernd beseitigen.

Kehren wir jetzt zur Ablesung zurück, so wurden genau notirt die Lage des Meridians schwächster Krümmung, der Astigmatismus in Dioptrien und die Grösse der Radien schwächster und stärkster Krümmung. Diese Ablesung musste desshalb besonders genau genommen werden, da sie als Controle dienen musste bei der ersten Ablesung nach Einführung der Kanüle. War dies alles zur Zufriedenheit erledigt, so wurde

zur Aufstellung des Doppelmanometers geschritten. Nachdem er vollständig waagerecht gestellt war, wurde der Quecksilberstand in den beiden äusseren Schenkeln, welcher natürlich gleich hoch sein musste, abgelesen und auch notirt. Jetzt war alles zur Einführung der Kanüle bereit. Dieselbe wurde mit drei Fingern gefasst, das Auge mit einer Pincette durch die andere Hand leicht fixirt und nun in den Glaskörper eingestossen. Zuweilen zeigte sich jetzt, dass das Auge leicht rotirt war. Das liess sich aber ohne Schwierigkeit durch Fixation des Caoutschukschlauches corrigiren.

Da der Druck im Auge ein höherer als im Doppelmanometer war, so fiel das Quecksilber in dem mit dem Auge verbundenen Schenkel und stieg natürlich im entgegengesetzten. Durch die Compensationsschraube erhöhte man den Druck soweit, bis das Quecksilber in dem dem Auge zugewandten Schenkel die gleiche Höhe wie wor der Einführung der Kanüle hatte. Den wirklichen Druck im Auge konnte man jetzt einfach im abgewandten Schenkel ablesen.

Wurde jetzt das Ophthalmometer eingestellt und stimmte die jetzige Ablesung mit der vor der Einstossung der Canüle gefundenen in jeder Hinsicht überein, so war das Experiment bis dahin vollständig gelungen.

Es wurde jetzt der Druck von 5 zu 5 Minuten um 10 mm Quecksilber gesteigert und abgelesen. Bei jeder Ablesung wurde notirt:

1. Zeit;
2. Stand des Quecksilbers im abgewandten und im dem mit dem Auge verbundenen Schenkel;
3. Axe des Meridians schwächster Krümmung, die dem grossen Radius entsprechend, einfach als „grosse Axe" bezeichnet wird;
4. Grösse des Krümmungsradius des Meridians schwächster Krümmung, der Kürze halber "grosser Radius" (R) genannt;
5. Astigmatismus in Dioptrien;
6. Grösse des Radius stärkster Krümmung, „kleiner Radius" (r) genannt.

Zum Schluss will ich noch bemerken, dass ich zum exacten

Versuche unbedingt die Beobachtung von Pulsschwankungen im Manometer rechne.

Zu den Versuchen selbst übergehend, will ich aus denselben zehn herausgreifen und anführen, solche, die volle Garantie für ihre technische Correctheit darbieten. Es ist selbstversändlich, dass bei derartigen Untersuchungen eine grosse Reihe Versuchsthiere und Versuchstage geopfert werden müssen, bis alle technischen Schwierigkeiten überwunden sind, bis das Experiment fehlerfrei wird.

Versuch XXIV.

Tabelle 1.

Zeit.	DRUCK: im abgewandten Schenkel.	DRUCK: in d. mit dem Thiere verb. Schenkel.	DRUCK: Wirklicher.	Grosse Axe Grad	Grosser Radius.	Astigmatismus in Dioptrien.	Kleiner Radius.
4 . 45	25	0	25	— 80	7,167	1,25	6,958
4 . 50	35	2 1/2	32 1/2	— 80	7,167	1,25	6,958
4 . 55	45	6	39	— 75	7,125	1,0	6,958
5 . —	55	9	46	— 72	7,125	1,0	6,958
5 . 5	65	12	53	— 70	7,125	0,75	6,950
5 . 10	75	14 1/2	60 1/2	— 65	7,125	0,5	7,0
5 . 15	85	18	67	— 60	7,125	0,25	7,041
5 . 20	95	21 1/2	73 1/2	— 57	7,25	1,0	7,083
5 . 25	105	24 1/2	80 1/2	— 51	7,292	1,25	7,083
5 . 30	115	28	87	— 45	7,292	1,25	7,083
5 . 35	125	32	93	— 30	7,208	0,75	7,083
5 . 40	135	35 1/2	99 1/2	— 27	7,208	0,75	7,083
5 . 45	145	38 1/2	106 1/2	— 27	7,208	0,5	7,125

Um die Uebersicht zu erleichtern, soll neben der tabellarischen Mittheilung der Resultate bei jedem Versuch das Verhalten der beiden Meridiane, ausgedrückt durch R und r, und des Astigmatismus, sowie der Drehungswinkel von R, resp. der grossen Axe graphisch dargestellt werden.

Die Versuche führten keineswegs zu einem einheitlichen Resultate, auch findet sich kein gut charakterisirtes Princip, um dieselben in eng zusammengehörige Gruppen

zu ordnen. Es verhielt sich nicht ein Auge dem erhöhten intraocularen Drucke (+T) gegenüber genau so wie ein zweites. Sogar bei ein und demselben Thier reagiren die beiden Hornhäute vollständig verschieden.

Ich beginne mit zwei Versuchen, die sich vor den andern dadurch auszeichnen, dass sie an demselben Thiere unternommen wurden und daher auch Vergleiche der Veränderungen der beiden Hornhäute gestatten. Es sind das leider die einzigen Experimente dieser Art, da ich durch verschiedene Umstände, wie Beleuchtung, Zeitmangel, etc. an einem Tage an der Benutzung beider Augen des Thieres verhindert wurde.

Tabelle 1 giebt das Resultat, das am rechten Auge (o. d.) dieses Kaninchens gewonnen wurde.

Bei einer normalen Spannung (T. n.) von 25 Hg. mm, beträgt R (Fig. 66) 7,167 mm. Schon bei 39 Hg. mm verändert

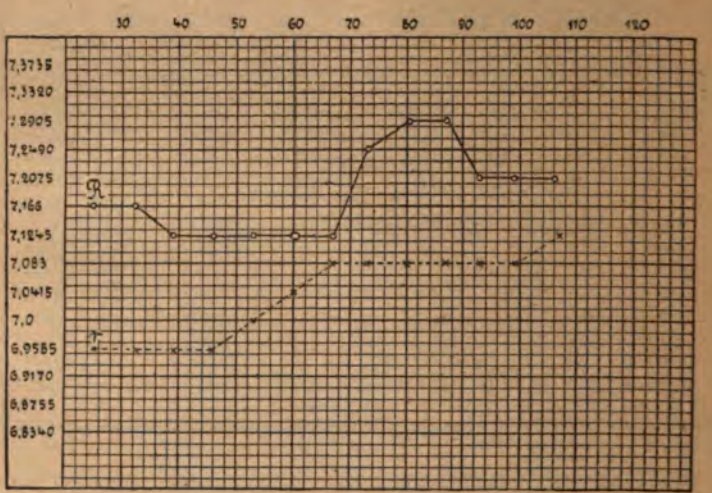


Fig. 66.

sich R, sinkt auf 7,125, um bis zu 67,0 Hg. mm auf diesem Stand zu beharren; nun aber wächst R rasch, bei 73,5 Hg. mm auf 7,25, bei 80,5 Hg. mm auf 7,292, um aber bei 93 Hg. mm auf 7,208 nun zurückzugehen und so bis an's Ende des Versuches zu bleiben.

r zeigt ein anderes Verhalten. r verkürzt sich nicht, auch nicht einmal vorübergehend. r bleibt stabil bis zu 46 Hg. mm, 6,958 mm lang, dehnt sich von hier bis zu 67 Hg. mm stetig auf 7,083 mm, bleibt abermals stationär bis 99,5 Hg. mm, um bei der letzten Drucksteigerung auf 106,5 mm nochmals sich zu dehnen, zu 7,125 mm. Während R also nach vorübergehender Verkürzung und stärkerer Dehnung eine definitive Verlängerung von 0,041 mm erlitten hatte, zeichnete sich r aus durch ein Wachsen von 0,167 mm, ohne je eine absteigende Richtung der Curve erfahren zu haben.

Die Abstände der R und r repräsentirenden Curven geben die

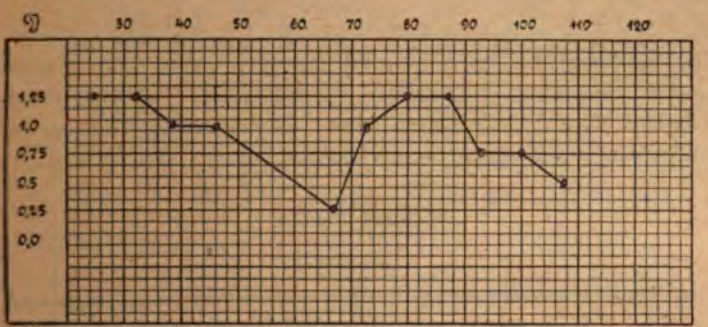


Fig. 67.

jeweilige Grösse des Cornealastigmatismus (A). Sechs Dioptrien Astigmatismus entsprechen 1 mm, 1 D. 0,166 mm und 0,25 D. 0,041 mm Radius Differenz. Als Einheit der Ordinatenabstände wurde für die Astigmatismuscurven 0,25 D. gewahlt, entsprechend als Einheit der Ordinatenabstände für die Radiencurven 0,041 mm, welche Grösse der Kürze halber mit Q bezeichnet werden soll.

Der Hornhautastigmatismus (Fig. 67), welcher in diesem erst mitgetheilten Versuche XXIV bei T. n. 1,25 D. betragen hatte, ist am Ende des Versuchs auf 0,5 D. zurückgegangen. Nach einem primären Zurückgehen auf 0,25 D. bei 67,0 Hg. mm, nahm er bei weiterer Drucksteigerung auf 80,5 Hg. mm, wieder bis 1,25 D. zu, ohne aber diese Ausgangsgrösse zu übersteigen; von 87 Hg. mm, bis zum Schluss geht er wieder zurück.

Von grösstem Interesse und für sämmtliche Versuche das gemeinsamste Merkmal ist die gleichsinnige Verschiebung der Richtung des grössten Meridians. Der schwächst gekrümmte

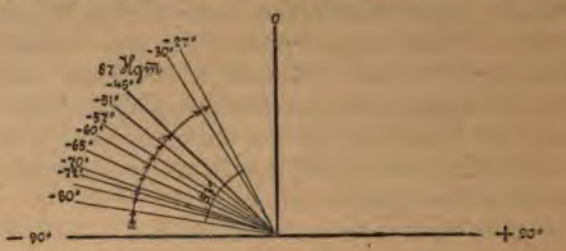


Fig. 68.

Meridian lag für T. n. bei — 80° (Fig. 68), um sich bei zunehmender Spannung allmählich und stetig nach — 27° zu verschieben. Der grösste Meridian hat also eine Drehung von 53° erlitten in der Richtung von der Horizontalen zur Verticalen.

Versuch XXIII.

Tabelle 2.

Zeit.	DRUCK im abgewandten Schenkel.	DRUCK in d. mit dem Thiere verb. Schenkel.	DRUCK Wirklicher.	Grosse Axe. Grad.	Grosser Radius.	Astigmatismus in Dioptrien.	Kleiner Radius.
3.30	25	0	25	— 65	7,208	1,0	7,042
3.35	35	3	32	— 65	7,208	1,0	7,042
3.40	45	5 1/2	39 1/2	— 65	7,208	1,75	6,917
3.45	55	9	46	— 60	7,167	1,75	6,875
3.50	65	12 1/2	52 1/2	— 57	7,167	1,5	6,917
3.55	75	16	59	— 57	7,167	1,25	6,958
4.—	85	19 1/2	65 1/2	— 52	7,208	1,25	7,0
4. 5	95	24	71	— 52	7,208	1,25	7,0
4.10	105	28	77	— 52	7,208	1,0	7,042
4.15	115	32 1/2	82 1/2	— 50	7,208	0,75	7,083
4.20	125	37 1/2	87 1/2	— 45	7,208	0,5	7,125
4.25	135	41	94	— 40	7,25	0,75	7,125
4.30	145	45	100	— 30	7,292	0,75	7,167
4.35	155	48 1/2	106 1/2	— 20	7,292	0,75	7,167

(L M. D. = 53°). Der anfänglich normale Astigmatismus ist übergegangen in einen perversen; die mittlere Richtung von — 45° coincidirte mit einem Druck von 87 Hg. mm.

Das linke Auge (o. s.) desselben Kaninchens zeigt gegenüber der + T ein ganz anderes Verhalten als das rechte Auge.

T. n. beträgt wie in o. d. 25 mm.

R. o. s. (Fig. 69), 7,208 mm lang, um 0,041 mm oder 1 Q länger als R o. d. hält der + T. etwas länger Stand als

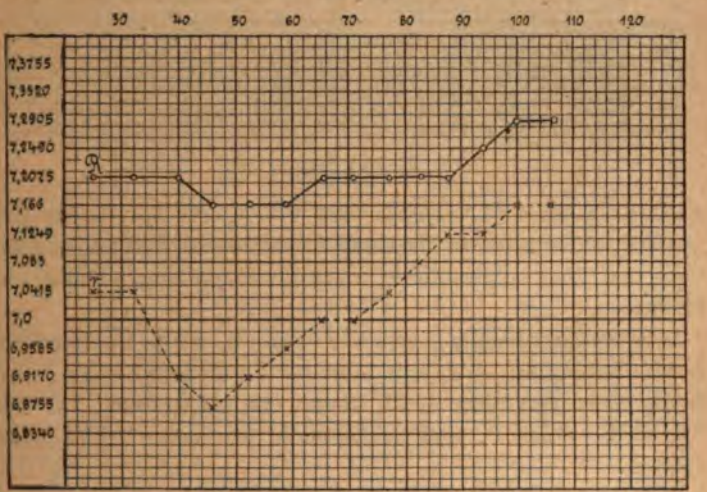


Fig. 69.

zuvor; er verkürzt sich erst bei 46 Hg. mm aber ebenfalls um 0,041 mm, bleibt nun stehen bei 59 Hg. mm, um bei 65,5 Hg. mm seine erste Länge zu gewinnen, dieselbe weiter zu behaupten bis 87,5 Hg. mm und von da an noch um 2 Q zuzunehmen.

R o. s. schwankt in nahezu denselben Grenzen wie R o. d., unterscheidet sich aber von diesem wesentlich dadurch, dass er nach einer primären geringen Verkürzung sich nur noch vergrössert und nicht wie R o. d. ein zweites Mal sich verkürzt.

r o. s. von Anfang um 2 Q länger als r o. d., verhält sich

der + T. gegenüber ganz anders als r o. d. Während r o. d., ohne eine Verkürzung zu erleiden, sich nur verlängert hatte,

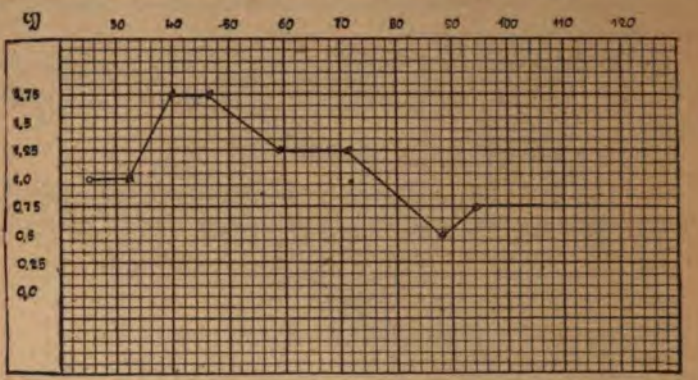


Fig. 70.

im Ganzen um 4 Q, verjüngt sich r o. s. erst bei 40 Hg. mm um 4 Q, um von da an bis Ende des Versuchs sich zu vergrössern und eine schliessliche absolute Streckung von 3 Q. zu erreichen.

Der Astigmatismus, welcher bei T. n. 1 D. betragen hatte, nahm bei + T. erst lebhaft zu, erreichte 1,75 D. bei 39 Hg. mm, um aber bald wieder zu schwinden, bis auf 0,5 D. bei 87,5 D. und schliesslich wieder auf 0,75 anzusteigen.

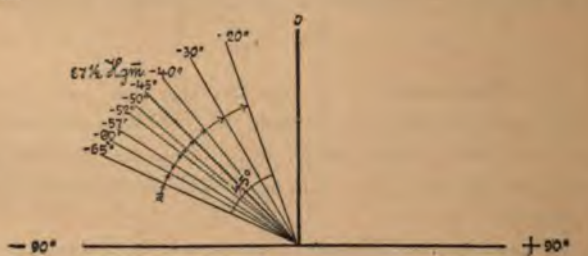


Fig. 71.

L M. D. = 45°.

Der schwächstgekrümmte Meridian dreht sich consequent von der Horizontalen zur Verticalen, von — 65° zu — 20°. Die

Mittellage von 45°, der Uebergang vom normalen in perversen Astigmatismus coincidirte hier wie in o. d. mit demselben Druck, mit 87,5 Hg. mm.

Da schon die beiden Augen eines und desselben Thieres gegen + T. ein sehr verschiedenes Verhalten zeigten, so darf es nicht verwundern, dass unter allen anderen Versuchen kein einziger gefunden wurde, der mit einem zweiten identisch verlaufen wäre.

Von den 8 noch zu berichtenden Versuchen soll zunächst eine Gruppe von 3 ausgewählt werden, die das Gemeinsame haben, dass am Ende des Versuches die beiden Hauptmeridiane die gleiche Krümmung angenommen haben. (R=r), der Astigmatismus somit verschwunden ist. (A=o), Es sind dies die Versuche XXI, XXII und XIV.

Versuch XXI.

O. S. TABELLE 3.

Zeit.	DRUCK			Grosse Axe. Grad.	Grosser Radius.	Astigmatismus in Dioptrien.	Kleiner Radius.
	im abgewandten Schenkel.	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel.	Wirklicher.				
8.30	24	0	24	— 52	7,458	1,25	7,25
8.35	34	2 1/2	31 1/2	— 40	7,583	1,75	7,292
8.40	44	5	39	— 35	7,583	1,75	7,292
8.45	54	8	46	— 30	7,418	0,75	7,292
8.50	64	11	53	— 30	7,418	0,75	7,292
8.53	74	14 1/2	59 1/2	— 30	7,418	0,75	7,292
9.—	84	17 1/2	66 1/2	— 30	7,418	0,75	7,292
9. 5	94	21	73	— 30	7,418	0,75	7,292
9.10	104	25	79	— 18	7,418	0,75	7,292
9.13	114	29 1/2	84 1/2	— 18	7,418	0,75	7,292
9.20	124	33	91	— 13	7,418	0,5	7,333
9.23	134	37	97	— 10	7,418	0	7,418

T. n. = 24 Hg. mm.

R (Fig. 72) mit 7,438 mm beginnend, streckt sich gleich bei 31,5 Hg. mm um 3 Q., verharrt ruhig bis 39 Hg. mm, sinkt bie

46 Hg. mm um 4 Q und bleibt nun bis Ende des Versuches (97 Hg. mm) unverändert.

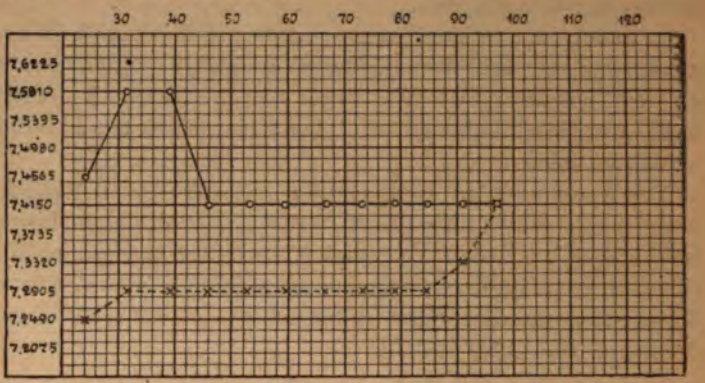


Fig. 72.

r. von 7,25 ausgehend, wächst auch schon bei 31,5 Hg. mm, aber nur um 1 Q, bleibt ruhig bis 84,5 Hg. mm, um von da an noch um 3 Q zuzunehmen und am Schluss bei 97 Hg. mm, genau die Grösse von R, 7,417 mm zu erreichen.

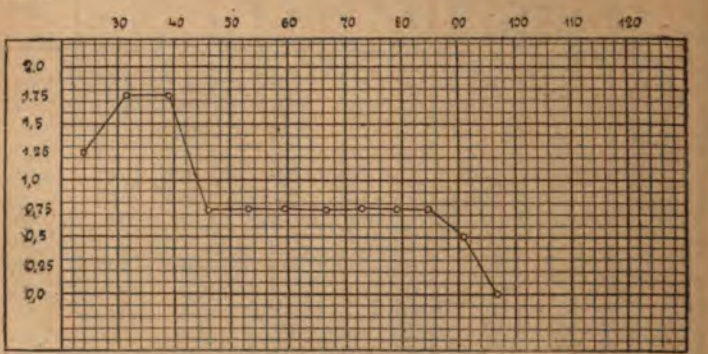


Fig. 73.

Der Astigmatismus (Fig. 73), der beim intacten Auge 1,25 D betragen hatte, stieg entsprechend der ungleichen Dehnung der beiden Radien schon bei 31,5 mm auf 1,75, um von 39 bis 49 Hg. mm um 1 D. zurückzugehen, auf diesem Niveau sich zu

halten bis 89,5 Hg. mm und von da an successive bis auf 0 abzunehmen.

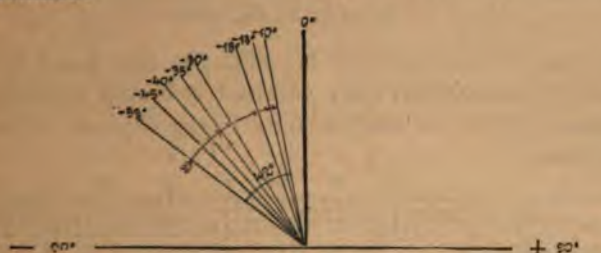


Fig. 74.

L M. D. = 42° (Fig. 9).

Der Meridian schwächster Krümmung verschiebt sich von — 52° zu — 10°; die Gleichgewichtslage von 45° hatte er schon bei der ersten + T. von 31,5 Hg. mm überschritten.

Versuch XXII.

o. d. TABELLE 4.

Zeit.	DRUCK: im abgewandten Schenkel.	DRUCK: in d. mit dem Thiere verb. Schenkel.	DRUCK: Wirklicher.	Grosse Axe. Grad.	Grosser Radius.	Astigmatismus in Dioptrien.	Kleiner Radius.
10.—	24	0	24	— 50	7,583	0	7,583
10. 5	34	3	31	— 47	7,583	0	7,583
10.10	44	5 1/2	38 1/2	— 45	7,542	0,5	7,458
10.15	54	8 1/2	45 1/2	— 45	7,542	0,75	7,417
10.20	64	12	52	— 45	7,542	0,75	7,417
10.25	74	16	58	— 40	7,5	1,25	7,333
10.30	84	20	64	— 30	7,458	1,25	7,292
10.35	94	23 1/2	70 1/2	— 30	7,417	1,0	7,292
10.40	104	28	76	— 17	7,417	0,75	7,292
10.45	114	32 1/2	81 1/2	— 12	7,417	0,5	7,333
10.50	124	36	88	— 7	7,417	0,25	7,375
10.55	134	39 1/2	94 1/2	— 2	7,417	0	7,417

Dieser Versuch zeichnet sich durch die vollkommene Wöl

bung durch den mangelnden Astigmatismus der normalen Hornhaut aus:

T. n. = 24 Hg. mm.

R (Fig. 75) verkürzt sich bei 38,5 Hg. mm um 1 Q, bleibt stationär bis 58 Hg. mm, verkürzt sich nun successive um weitere 3 Q und behauptet diese Länge bis zum Ende (94,5 Hg. mm).

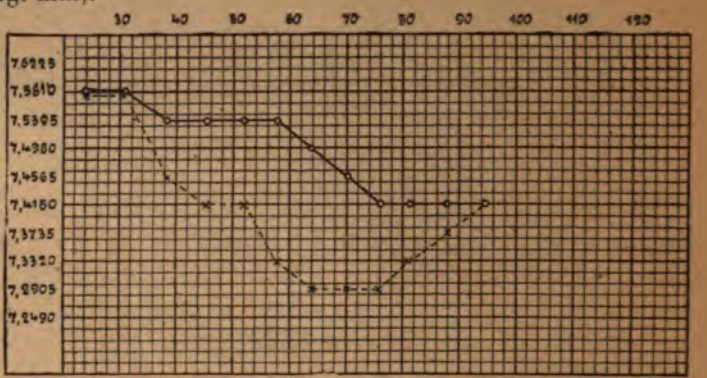


Fig. 75.

r ausgangs genau gleich gross, wie R, verkürzt sich auch bei 38,5 Hg. mm, aber rascher als R, um 3 Q, bei 45,5 Hg. mm um ein weiteres Q, bleibt bis 52 Hg. mm, verkürzt sich aber wieder um 3 Q, bis zu 64 Hg. mm, um von da

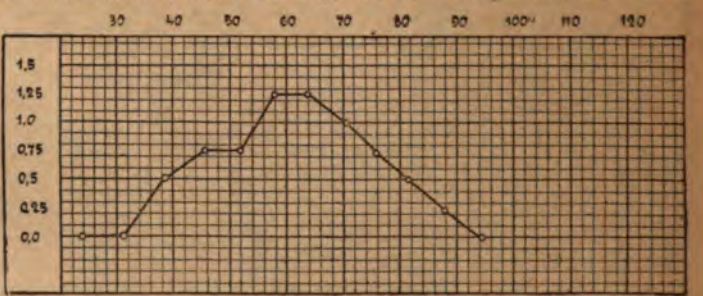


Fig. 76.

hinweg bis Ende des Versuches gleichmässig sich zu verlängern und schliesslich, wie im Anfang, wieder mit R sich zu decken.

Die Curve von A (Fig. 76), geht aus von O und endet mit O, durchläuft dazwischen eine Linie mit etwas unregelmässiger Hebung und gradliniger Senkung.

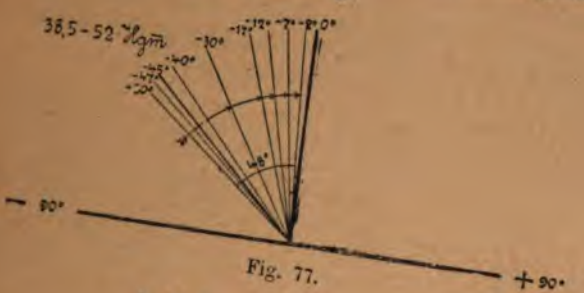


Fig. 77.

L M. D. = 48° (Fig. 12).

Der schwächstgekrümmte Meridian verschiebt sich von — 50° zu — 2°, die Neutrale von — 45° bei 38,5 Hg. mm erreichend und bis zu 52 Hg. mm festhaltend.

O. S.

Versuch XIV.

Tabelle 5.

Zeit.	DRUCK: im abgewandten Schenkel.	DRUCK: in d. mit dem Thiere verb. Schenkel	DRUCK: Wirklicher.	Grosse Axe. Grad.	Grosser Radius.	Astigmatismus in Dioptrien.	Kleiner radius.
9.35	25	0	25	— 68	7,082	0,25	7,041
9.40	35	4	31	— 68	7,082	0,25	7,041
9.45	45	6 1/2	38 1/2	— 68	7,082	0,25	7,041
9.50	55	9	46	— 66	7,082	0,25	7,041
9.55	65	12	53	— 66	7,25	2,5	6,833
10.—	75	16	59	— 66	7,292	2,75	6,833
10. 5	83	20	65	— 66	7,292	2,75	6,833
10.10	95	23 1/2	71 1/2	— 60	7,292	2,25	6,917
10.15	105	27	78	— 60	7,292	2,25	6,917
10.20	115	30	85	— 45	7,292	2,25	6,917
10.25	125	34	91	— 38	7,25	0,75	7,125
10.30	135	38	97	— 25	7,25	0,5	7,167
10.33	145	41 1/2	130 1/2	— 13	7,25	0,25	7,208
10.40	155	45	110 1/2	— 10	7,25	0	7,25

T. n = 25 Hg. mm.

R (Fig. 78), normaliter 7,082 mm, bleibt bis zu 46 Hg. mm unverändert, verlängert sich bis zu 59 Hg. mm um 3 Q, behält diese Grösse bis zu 85 Hg. mm, verkürzt sich bei 91 Hg. mm, um 1 Q, um bis zum Ende des Experimentes (110 Hg. mm) sich nicht mehr zu ändern.

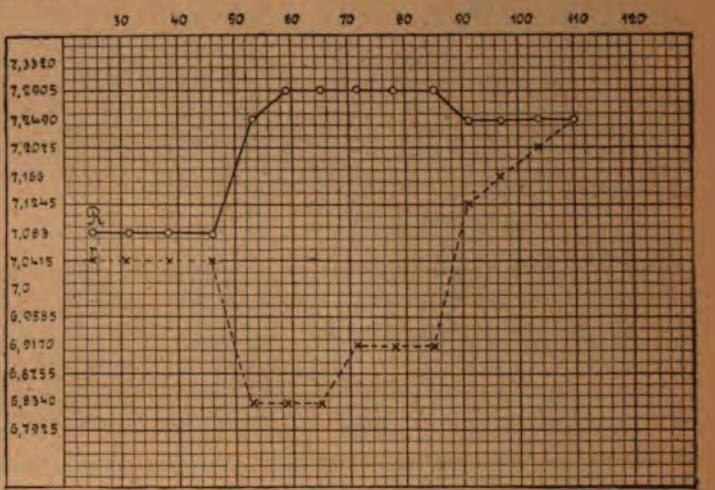


Fig. 78.

r, um 1 Q kleiner als R, verharrt auf seiner Ausgangsgrösse gleich lang wie R, bis 46 Hg. mm, verkürzt sich bei 53 Hg. mm ganz rapid um 3 Q, bleibt stationär bis 65 Hg. mm, dehnt sich bis 71,3 Hg. mm um 2 Q, verharrt so bis 85 Hg. mm, um bei der folgenden Druckzunahme von 6 Hg. mm ebenso rapid sich zu verlängern um 3 Q, wie er sich verjüngt hatte beim Steigen des Hg von 46 auf 53 mm. In regelmässigem langsamen Tempo wächst r noch bis zum Schluss (110 Hg. mm) um hier mit R gleichwerthig zu sein.

Der Astigmatismus (Fig. 79), der bei T. n. blos 0,25 D. betragen und bis zu 46 Hg. mm sich nicht verändert hatte, wächst beim Uebergang zu 53 Hg. mm Dank der acuten Dehnung von R und gleichzeitigen Schrumpfung von r ganz plötzlich um volle 2,25 D, bei 59 Hg. mm um weitere 0,25 D, um bei der noch folgenden Zunahme der Spannung bis

110 Hg. mm abzunehmen bis zu 0, einer Curve folgend, die fast das umgekehrte Verhalten von r zeigt.

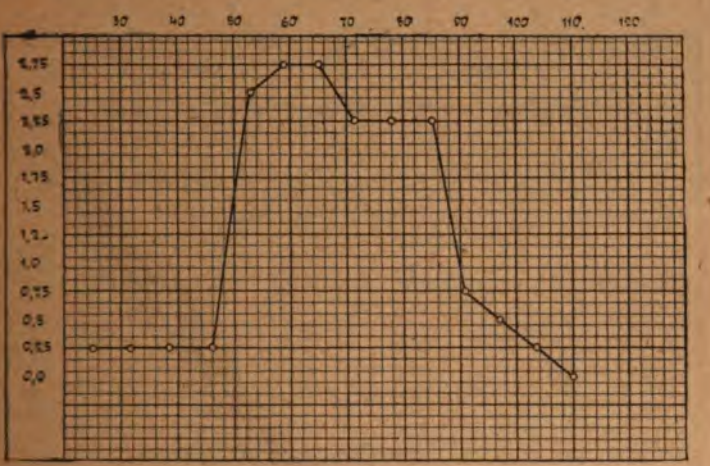


Fig. 79.

Der Meridian schwächster Krümmung dreht sich von — 60° zu — 10°, die Neutrale in — 45° bei 85 Hg. mm erreichend.

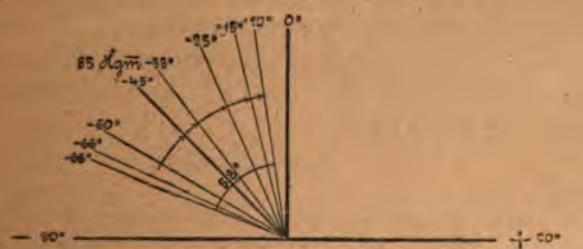


Fig. 80.

L M. D. = 58° (Fig. 80).

Eine weitere Gruppe von 3 Versuchen (XXXVIII, XIX, XXV) hat eine noch weniger innige Verwandtschaft unter seinen Componenten, als die vorige; sie zeichnet sich wesentlich durch ihre einfachen, wenig gebrochenen Curven von R und r aus.

Versuch XXXVIII.

O. S. TABELLE 6.

Zeit.	DRUCK			Grosse Axe.	Grosser Radius.	Astigmatismus in Dioptrien.	Kleiner Radius.
	im abgewandten Schenkel.	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel.	Wirklicher.	Grad.			
3.15	24	0	24	+ 75	7,583	1,75	7,292
3.20	34	3	31	+ 70	7,5	1,25	7,292
3.25	44	6 1/2	37 1/2	+ 70	7,417	0,75	7,292
3.30	54	10	44	+ 60	7,417	0,75	7,292
3.35	64	14	50	+ 55	7,417	1,0	7,25
3.40	74	18	56	+ 55	7,417	1,5	7,167
3.45	84	21 1/2	62 1/2	+ 55	7,458	2,25	7,083
3.50	94	26	68	+ 50	7,583	3,25	7,042
3.55	104	31	73	+ 50	7,623	3,5	7,042
4.—	114	35 1/2	78 1/8	+ 50	7,666	3,25	7,125
4.5	124	40	84	+ 50	7,666	3,0	7,167
4.10	134	44	90	+ 45	7,666	2,75	7,208
4.15	144	48 1/2	95 1/2	+ 50	7,666	2,75	7,208

Versuch XXXVIII hat mit dem zweiterwähnten Versuch XXIII das Gemeinsame, dass R sowohl als r sich erst verkürzen und nachher verlängern, allerdings in verschiedenem Masse und bei andern Tensionen, so dass die Astigmatismus-Curve eine ganz andere wird.

T. n. = 24 Hg. mm.

R (Fig. 81) beginnt sofort mit Verküzung, bei 31 Hgmm um 2 Q, bei 37,5 Hg. mm um weitere 2 Q, bleibt jetzt constant bis 56 Hg. mm, verlängert sich von da stetig bis zu 78,5 Hg. mm. um 6 Q, und bleibt nun bis zum Schlusse (95,5 Hg. mm) ruhig.

r hält der + T. gegenüber länger Stand als R, bis zu 44 Hg. mm, zieht sich von da an bis zu 68 Hg. mm um 6 Q stetig zusammen, bleibt nun constant bis 73 Hg. mm, dehnt sich jetzt aber allmählich bis 90 Hg. mm um 4 Q, in dieser Grösse bis zu Ende (95,5 Hg. mm) verharrend.

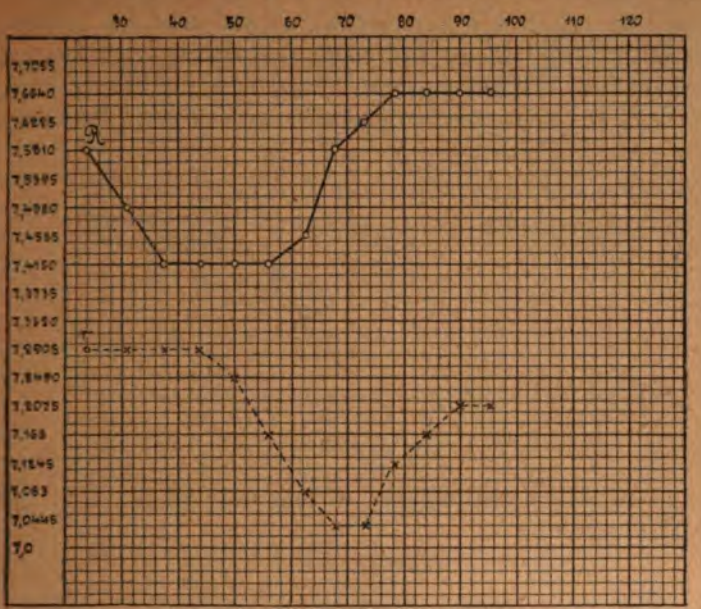


Fig. 81.

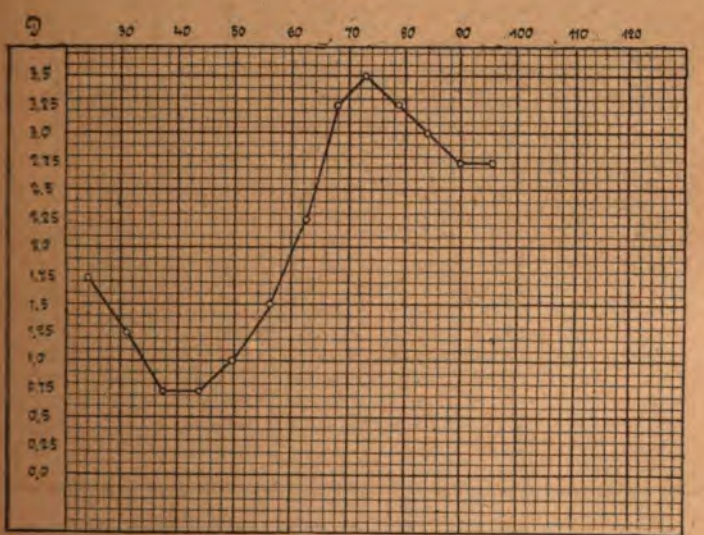


Fig. 82. (Curve von A.)

Der Astigmatismus (Fig. 82), anfänglich 1,75 D. schwindet bis 37,5 Hg. mm um 1 D, bleibt so bis 44 Hg. mm, wächst nun stetig bis 73 Hg. mm auf 3,5 D, geht bis 90 Hg. mm auf 2,75 D zurück, sich bei 95,5 Hg. mm nicht mehr ändernd.

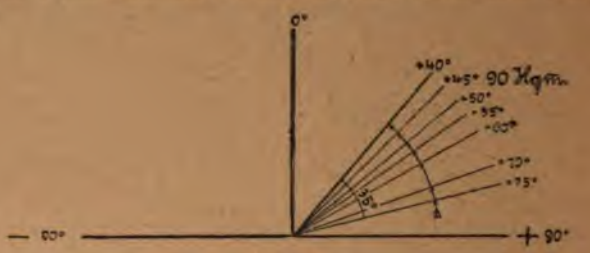


Fig. 83.

L M. D. = 35° (Fig. 83).

Der Meridian schwächster Krümmung dreht sich von + 75 zu + 40.

Versuch XIX.

O. S. TABELLE 7.

Zeit.	DRUCK: im abgewandten Schenkel.	DRUCK: in d. mit dem Thiere verb. Schenkel.	DRUCK: Wirklicher.	Grosse Axe. Grad.	Grösser Radius.	Astigmatismus in Dioptrien.	Kleiner Radius.
3. 5	25	0	25	— 90	7,333	0	7,333
3.10	35	4 1/2	31 1/2	— 90	7,417	0,5	7,333
3.15	45	9	36	— 90	7,542	1,5	7,292
3.20	55	13	42	— 85	7,5	1,25	7,292
3.25	65	17 1/2	47 1/2	— 85	7,333	0,75	7,208
3.30	75	21	54	— 83	7,333	0,75	7,208
3.35	85	25	60	— 83	7,333	1,5	7,083
3.40	95	28 1/2	66 1/2	— 80	7,333	1,5	7,083
3.45	105	32	73	— 76	7,292	1,25	7,083
3.50	115	36	79	— 76	7,292	1,25	7,083
3.55	125	39 1/2	85 1/2	— 75	7,292	1,25	7,083
4. —	135	43	92	— 75	7,292	0,5	7,208

Während r, wie in XXVIII, erst sich verkürzt und nachher verlängert, zeigt R das umgekehrte Verhalten. Qua-

litativ verändern sich die beiden Radien wie in XIV, aber das Quantitative und Zeitliche und damit das Curvenbild ist ein sehr verschiedenes.

T. n. = 25 Hg. mm.

R (Fig. 84), 7,333 mm lang, streckt sich sofort um 5 Q, bis 36 Hg. mm, um rasch wieder auf seine Ausgangsgrösse zurückzukehren, bei 47,5 Hg. mm, dieselbe zu bewahren bis 66,5 Hg. mm, und bei 73 Hg. mm um 1 Q unter dieselbe zu kommen und in diesem leicht verkürzten Zustande bie zum Ende (92 Hg. mm) zu verharren.

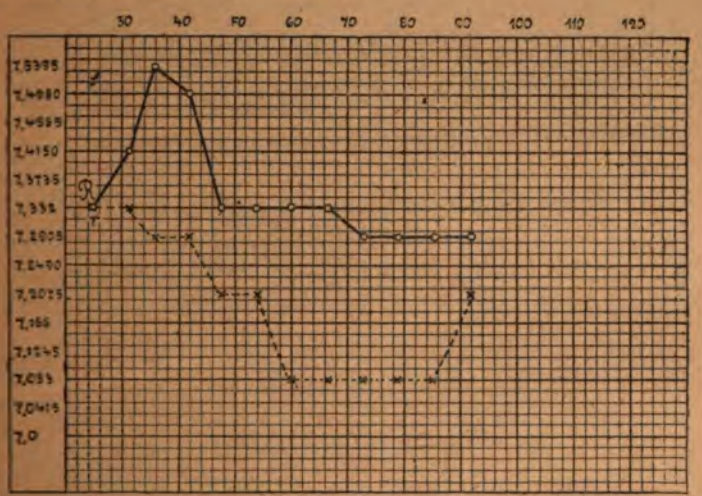


Fig. 84.

r gleich lang wie R, 7,333 mm, zieht sich bei 36,5 Hg. mm beginnend, sprungweise zusammen um 6 Q, bis zu einem Druck von 60 Hg. mm, behält seine gewonnene Länge von 7,08 bis 85,5 Hg. mm, um bei der letzten Hebung des Hg auf 92 mm 3 Q sich wieder zuzusetzen.

Ich vermuthe, dass bei weiterer Drucksteigerung eine weitere Dehnung zu Stande gekommen und r wieder gleich R geworden wäre. Wir hätten dadurch die Parallele mit XIV weiter ausgeführt bekommen. Während in XIV die Differenz von R und r bei T. n. bloss 1 Q betragen hätte,

ist sie hier gleich 0 und bei einer T. von 91 resp. 92 Hg. mm beträgt sie in XIV 3 Q, in XIX 2 Q; die Differenz dieser Differenzen ist hier gleich der bei T. n., gleich 1 Q.

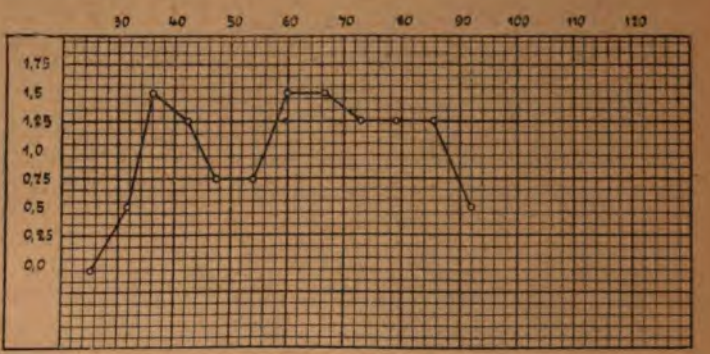


Fig. 85. (Curve von A.)

Der Astigmatismus (Fig. 85), anfangs 0 wie in XXII, steigt bei 36 Hg. mm auf 1,5 D, fällt nach einer Schwankung von 0,75 D am Schluss auf 0,5 D und wäre voraussichtlich

Fig. 86.

bei weiterer Druckvermehrung auf 0 zurückgegangen, womit auch eine nahe Beziehung mit XXII prägnant hervorgetreten wäre. Der Astigmatismus ist stets normal geblieben.

$$\angle \text{ M. D.} = 15^{\circ} \text{ (Fig. 86.)}$$

Der Meridian schwächster Krümmung dehnt sich von -90° zu -75°.

Versuch XXV.

o. d. TABELLE 8.

Zeit.	DRUCK			Grosse Axe.	Grosser Radius.	Astigmatismus in Dioptrien.	Kleiner Radius.
	im abgewandten Schenkel.	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel.	Wirklicher.	Grad.			
3 .—	24 1/2	0	24 1/2	— 75	7,25	1,0	7,083
3 .5	34 1/2	2 1/2	32	— 75	7,25	1,0	7,083
3 .10	44 1/2	6	38 1/2	— 70	7,208	0,75	7,083
3 .15	54 1/2	9 1/2	45	— 60	7,208	0,75	7,083
3 .20	64 1/2	13	51 1/2	— 45	7,208	0	7,208
3 .23	74 1/2	17	57 1/2	+ 45	7,208	0,5	7,292
3 .30	84 1/2	20 1/2	64	+ 40	7,25	0,25	7,292
3 .35	94 1/2	24	70 1/2	+ 30	7,25	0,25	7,292
3 .40	104 1/2	27	77 1/2	+ 10	7,25	0,5	7,333
3 .45	114 1/2	30	84 1/2	— 15	7,25	0,75	7,375
3 .50	124 1/2	34	90 1/2	— 25	7,292	0,5	7,375
3 .55	134 1/2	37 1/2	97	— 30	7,333	0,5	7,417
4 .—	144 1/2	41	103 1/2	— 35	7,333	0,5	7,417
4 .5	154 1/2	44	110 1/2	— 35	7,333	0,75	7,458

Versuch XXV steht in lockerem Zusammenhang mit einer überhaupt wenig eng geschlossenen Gruppe. Sein R verhält sich principiell wie R in XXXVIII, seine Curve sinkt erst und hebt sich dann. Sein r geht wie in XXI nur eine Verlängerung ein.

Ganz für sich steht der Versuch da mit Bezug auf das gegenseitige Verhalten von R und r zueinander. Dieselben coincidiren bei 51,5 Hg. mm, um nach Ende und Anfang zu divergiren.

Der Versuch steht ferner ganz einzig da mit Bezug auf die Richtungsänderung des schwächstgekrümmten Meridians, der auf einmal von — 45° nach + 45° überspringt, so dass ganz eigentlich R und r ihre Rollen gegenseitig tauschen.

Q, 7,25 lang, contrahirt sich bei 38,5 Hg. mm um 1 Q, bleibt ruhig bis 51,5 Hg. mm, verlängert sich um 2 Q bei 57,5 Hg. mm, bleibt wieder stehen bis 70,5 Hg. mm, um von

da bis zum Schluss mit zwei kleinen Ruhepausen um weitere 4 Q sich zu dehnen.

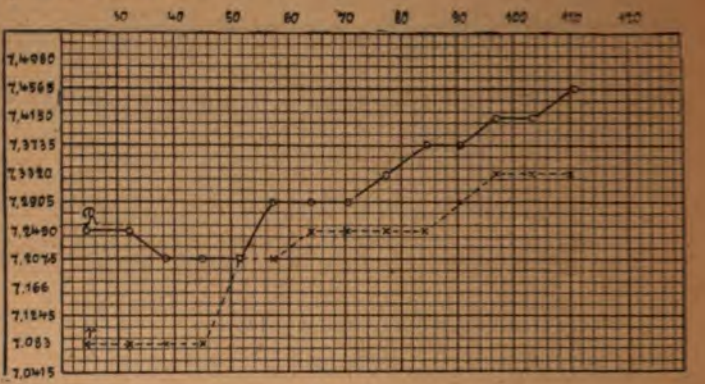


Fig. 87.

r, von 7,083 mm Länge ausgehend, trotzt der + T bis 45 Hg. mm. setzt sich bei 51,5 Hg. 3 Qu zu, die Grösse von R erreichend. Bei 57,5 Hg. mm noch gleich gross, springt r von + 45° nach — 45° hinüber und dehnt sich bis zum Ende (110,5 Hg. mm) um weitere 3 Q. ohne je vorübergehend sich zu contrahiren.

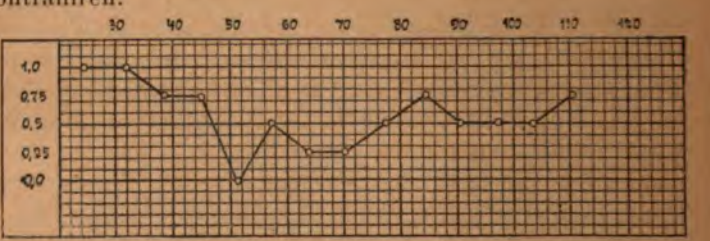


Fig. 88. (Curve von A.)

Der Astigmatismus (fig. 88) normaliter 1 D, schwindet anfangs bis 0 bei 51,5 Hg. mm, um nachträglich wieder zu wachsen und nach zweimaliger vorübergehender Verminderung mit 0,75 D abzuschliessen.

Eigenartige Wandlungen erleidet die Richtung der beiden Hauptmeridiane; der schwächstgekrümmte, von —75° ausgehend, schiebt sich bei der Steigerung des Hg von 32 auf 51,5 mm allmählich auf — 45° und setzt bei 57,5 Hg. mm plöt-

zlich über auf + 45°, wandert nun bei weiterem Steigen des Hg auf 77,5 mm allmählich gegen die Verticale bis zu + 10°, folgt dieser Richtungswanderung von rechts nach links nach dem linken oberen Quadranten und langt, stetig fortschreitend, auf — 35° an bei 103,5 Hg. mm, um dieser Stellung auch noch bei 110,5 Hg. mm treu zu bleiben.

Fig. 89.

Versuch XX.

O. S. TABELLE 9.

Zeit.	DRUCK: im abgewandten Scheinkel.	DRUCK: in d. mit dem Thiere verb. Scheinkel.	DRUCK: Wirklicher.	Grosse Axe. Grad.	Grosser Radius.	Astigmatismus in Dioptrien.	Kleiner Radius.
4.20	25	0	25	— 75	7,5	1,0	7,333
4.25	35	3 1/2	31 1/2	— 75	7,625	2,25	7,25
4.30	45	7	38	— 75	7,666	2,5	7,25
4.35	55	11 1/2	43 1/2	— 75	7,666	1,5	7,417
4.40	65	15	50	— 72	7,666	1,5	7,417
4.45	75	19 1/2	55 1/2	— 70	7,625	1,75	7,333
4.50	85	24	61	— 65	7,5	1,5	7,25
4.55	95	29 1/2	65 1/2	— 65	7,458	1,25	7,25
5.—	105	34	71	— 65	7,458	1,25	7,25
5. 5	115	38 1/2	76 1/2	— 62	7,458	1,25	7,25
5 10	125	43	82	— 60	7,417	0,75	7,292
5.15	135	47	88	— 60	7,417	0,75	7,292
5.20	145	51 1/2	93 1/2	— 60	7,417	0,75	7,292
5.25	155	54	101	— 55	7,375	0,5	7,292

T. n. = 25 Hg. mm.

Es ist dies der einzige Versuch, in dem die Hauptmeridiane die Verticale überschreiten und dies gerade zweimal; der schwächstgekrümmte Meridian geht in einem Stück von — 45° zu + 45° und von da langsam zurück zu — 35°.

Es ist dies auch der einzige Versuch, wo derselbe Meridian, wenn auch nur relativ, von der Verticalen sich entfernt.

L M. D. beträgt, wenn wir seine vollständige Abrollung und theilweise Wiederaufrollung in Rechnung bringen, 200°.

Die noch folgenden 2 Versuche XX und XXXII haben keine wesentlichen Kennzeichen gemeinschaftlich. Versuch XX zeichnet sich durch seine mehrfach gebrochene Curve von r, Versuch XXXVI durch die ebenso vielfach gebrochene Curve von K aus.

R (fig. 90) ursprünglich 7,5 mm lang, erhält, gleich der + T. nachgebend, erst einen Zuwachs von 4 Q bei 38 Hg. mm,

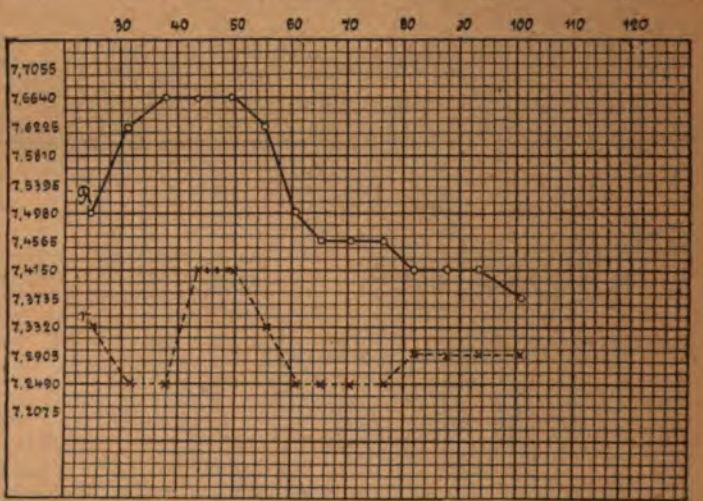


Fig. 90.

behält denselben bis 50 Hg. mm, nimmt nun stetig ab, erst rascher, später langsamer und mit Unterbrechung um 7 Q, verliert also von seiner Anfangsgrösse 3 Q.

r, 7.333 mm lang, verändert sich gleich bei der ersten + T., aber in entgegengesetztem Sinne wie R, er verkürzt sich bei 31,5 Hg. mm um 2 Q, verharrt so bis 38 Hg. mm, nimmt nun

bei 43,5 Hg. mm plötzlich um 4 Q. zu, um rasch sich wieder zusammenzuziehen, sowie das Hg höher geht als 50 mm, um 4 Q bis 61 Hg. mm, in dieser Lage verharrend bis 76,5 Hg. mm, dehnt r sich noch um 1 Q bei 82 Hg. mm, um bis zum Schluss (101 Hg. mm) constant zu bleiben.

Der Astigmatismus (fig. 91) hebt mit 1 D an, steigt schon bei

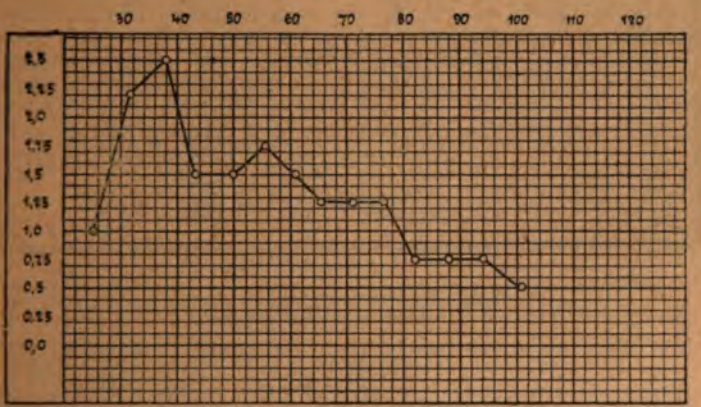


Fig. 91. (Curve von A.)

38 Hg. mm auf sein Maximum von 2,5 D, um bis zu Ende, unterbrochen von einer kleinen Schwankung nach oben und mehreren Ruhepausen, auf 0,5 D zurückzugehen.

Fig. 92.

L M. D. = 20 (fig. 92).

Der schwächstgekrümmte Meridian verschiebt sich von — 75° zu — 55°.

Versuch XXXVI. Tabelle 10.

Zeit.	DRUCK: im abgewandten Schenkel.	DRUCK: in d. mit dem Thiere verb. Schenkel.	DRUCK: Wirklicher.	Grosse Axe. Grad.	Grosser Radius.	Astigmatismus in Dioptrien.	Kleiner Radius.
4.25	24	0	24	— 45	7,417	1,0	7,25
4.30	34	2 1/2	31 1/2	— 45	7,458	1,25	7,25
4.35	44	5	39	— 45	7,583	2,0	7,25
4.40	54	8	46	— 45	7,583	2,5	7,167
4.45	64	12	52	— 40	7,542	2,5	7,125
4.50	74	16	58	— 37	7,5	2,75	7,042
4.55	84	19 1/2	64 1/2	— 37	7,5	3,25	6,958
5.—	94	23	71	— 37	7,666	4,25	6,958
5. 5	104	27	77	— 37	7,75	5,5	6,833
5.10	114	31	83	— 35	7,666	5,0	6,833
5.15	124	34 1/2	89 1/2	— 35	7,583	4,0	6,917
5.20	134	38	96	— 35	7,583	3,5	7,0
5.25	144	42	102	— 33	7,583	3,25	7,042
5.30	154	45	109	— 30	7,583	3,0	7,083

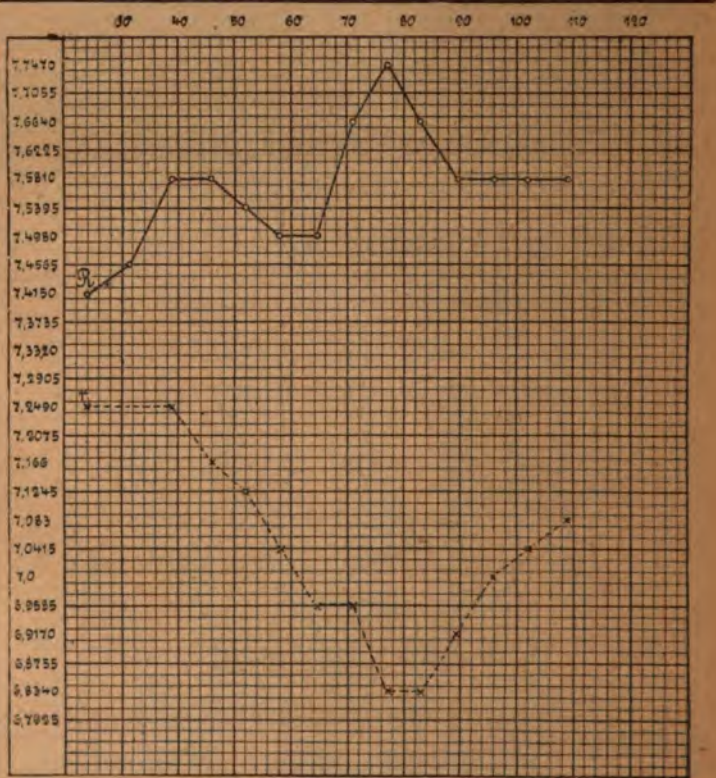


Fig. 93.

Dieser Versuch zeichnet sich ausser durch das Verhalten seiner R-Curve aus durch das Maximum des acquirirten Astigmatismus.

R. (fig. 93), ursprünglich 7,417 mm lang, gibt sofort nach, dehnt sich bei 39 Hg. mm, schon um 4 Q bleibt ruhig bis 46 Hg. mm, verjüngt sich um 2 Q bis 38 Hg. mm, bleibt wieder

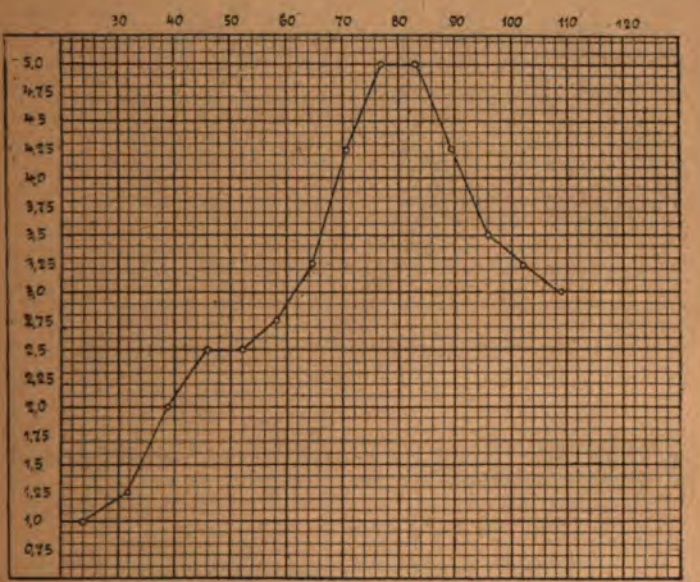


Fig. 94. (Curve von A.)

ruhig bis 69,5 Hg. mm, streckt sich nun acut um 6 Q bei 77 Hg. mm, schrumpft wieder um 4 Q bis zu 89,5 Hg. mm und verharrt nun in dieser Grösse bis zum Enddruck von 109 Hg. mm.

r, 7,25 mm lang, bleibt unverändert bis 39 Hg. mm, contrahirt sich nun aber mit Ausnahme eines kurzen Momentes des Stationärbleibens unaufhaltsam und intensiv, um 10 Q bis 77 Hg. mm, bei welchen Drucke R seine grösste Länge von 7,75 mm erreicht hatte. Nach kurz dauerndem Niveauhalten verlängert sich r von da an stetig bis zum Ende um 6 Q.

Der Astigmatismus (Fig 94) der normalen Cornea von 1 D

nimmt mit dem einzigen Stillstand (39—46 Hg. mm) constant zu und erreicht bei 77 Hg. mm den Höhepunkt von 5 D, um von hier bis zum Ausgang des Versuchs constant zurückzugehen bis auf 3 D.

$$\angle \text{ M. D. (Fig. 95)} = 15°.$$

Der schwächstgekrümmte Meridian dreht sich von — 45° nach — 30°.

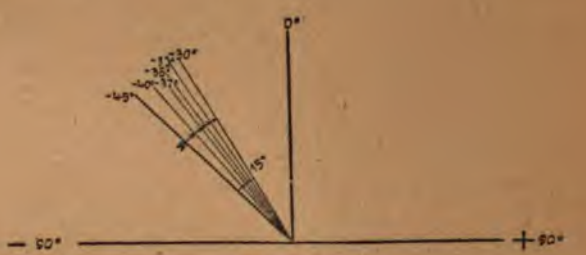


Fig. 95.

Vergleichen wir nun die 10 angeführten Versuche bezüglich der uns interessirenden Punkte.

1. Der normale introculare Druck.

Die physiologische Spannung betrug:

in 4 Augen 24 Hg. mm
in 5 Augen 25 Hg. mm
in 1 Auge 24,5 Hg. mm
durchschnittlich also 24,5 Hg. mm.

In Tabelle 11 sind die 10 verschiedenen R mit ihren sämmtlichen Wandlungen zusammengestellt. Die Verlängerungen und Verkürzungen sind in + und — Werthen von Q ausgedrückt. Wegen des sehr verschiedenen Verhaltens von R gegenüber der Drucksteigerung in ihren verschiedenen Graden

Grösse Radius.

TABELLE II.

No. der Versuche.	Grösse Radius.	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	Differenz von Anfang und Ende.
XXIV	7,167	=	−1																	+ 1 Q = + 0,25 D.
XXIII	7,208					−1														+ 2 Q = + 0,5 D.
XXI	7,458	+3	=		−4				+1			+3	+1	=	−2	+1			=	− 1 Q = − 0,25 D.
XXII	7,583	=	−1																	− 4 Q = − 1,0 D.
XIV	7,082								−1		−1			−1						+ 4 Q = + 1,0 D.
XXVIII	7,583	−2	−2			+4	+1					−1								+ 2 Q = + 0,5 D.
XIX	7,335	+2	+3	−1	−4			+1		+3	+1		−1							− 1 Q = − 0,25 D.
XXV	7,25	=	=																	+ 2 Q = + 0,5 D.
XX	7,5	+3	+1			−1	−3	+1						+1	+1					− 3 Q = − 0,75 D.
XXXVI	7,417	+1	+3			=	−1	=		+4		−1			−1					+ 4 Q = + 1,0 D.
											+2	−2	−2							

bei der relativ kleinen Anzahl von Versuchen giebt uns eine Durchschnittscurve für sämmtliche R eine weniger richtige Vorstellung von den wirklichen Vorgängen als die directe Vergleichung der verschiedenen R bei den einzelnen Druckstufen.

Unter physiologischen Druckverhältnissen beträgt R :

im Durchschnitt 7,358
im Maximum . 7,583
im Minimum . 7,082;

Die grösste Differenz beträgt also 0,51, 3 D entsprechend.

In keinem Versuche bleibt R unverändert oder nahm mit Ende des Versuchs seine ursprüngliche Länge wieder ein.

Am Ende war R grösser geworden in sechs Fällen, und zwar

in 2 Fällen um 4 Q
in 3 „ um 2 Q
in 1 Falle um 1 Q
durchschnittlich um 2,5 Q

kleiner dagegen in 4 Fällen, und zwar :

in 1 Falle um 4 Q
in 1 „ um 3 Q
in 2 Fällen um 1 Q
durchschnittlich um 2,25 Q.

Der End- R aller 10 Fälle war

im Durchschnitt 7,383 mm
im Maximum 7,666 mm
im Minimum 7,208 »

Die grösste Differenz beträgt 0,458 mm, 2,75 D entsprechend R aller zehn Fälle ist am Ende der Versuche grösser als am Anfang.

im Durchschnitt um 0,028 mm 0,5 Q entsprechend
im Maximum um 0,085 mm = 2 Q
im Minimum um 0,126 mm = 3 Q.

Wie verhält sich nun R gegenüber den einzelnen Spannungsgraden?

R bleibt entweder in seiner ursprünglichen Grösse, im

Gleichgewicht (Glg.), oder wird länger oder kürzer. Das primär verlängerte R kann sich secundär verkürzen, aber immer noch länger bleiben als es ursprünglich war, es verkürzt sich nur relativ, oder aber es kommt wieder ins Gleichgewicht zurück oder es schlägt sogar nach der anderen Seite aus; die primäre Verlängerung geht in eine secundäre absolute Verkürzung über. Das primär verkürzte R kann ebenfalls sich relativ verlängern, ins Gleichgewicht kommen und sich absolut verlängern. Die relative Verlängerung und Verkürzung ist stets besonders hervorgehoben durch ein beigefügtes r, während unter Verlängerung und Verkürzung kurzweg die absoluten Veränderungen verstanden sind.

Nach diesen Gesichtspunkten geordnet, finden wir R in folgender Häufigkeit vertreten.

	im Gleichgewicht	länger	kürzer	r länger	r kürzer
bei 30 Hg. mm.	5	4	1	—	—
35 »	5	4	1	—	—
40 »	2	3	4	—	1
45 »	2	2	6	—	—
50 »	2	1	6	—	1
55 »	1	1	6	—	2
60 »	2	1	5	1	1
65 »	3	1	4	1	1
70 »	4	2	4	—	—
75 »	2	4	4	—	—
80 »	2	3	4	—	1
85 »	2	3	4	—	1
90 »	1	3	4	—	2
95 »	—	3	4	—	3
100 »	—	2	2	—	3
105 »	—	2	—	—	3
110 »	—	2	—	—	3

Bei 30 Hg. mm bleiben 5 R im Gleichgewicht, 4 werden länger, 1 wird kürzer; bei 35 Hg. mm dieselben Verhältnisse. Bei 40 Hg. mm sind nur noch 2 R im Gleichgewicht, 3 noch länger, dafür sind 4 kürzer geworden und einer der erst verlängerten relativ kürzer. Das Gleichgewicht behalten die 2 R

noch bei 45 Hg. mm; bei 50 Hg. mm hat nur noch 1 R (XIV) nicht nachgegeben, während ein anderer R (XIX) nach einer positiven Schwankung in's Gleichgewicht zurückgeschnellt ist. Bei 55 Hg. mm hat auch der letzte normale R seine ursprüngliche Grösse verloren, hat sich um 4 Q gedehnt. Von hier bis zu 70 Hg. mm wächst wieder die Zahl der Gleichgewichtslagen bis zu 4, von denen 3 aus negativen, 1 aus einer positiven Schwankung zurückgekehrt sind. Von 75 bis 85 Hg. mm finden sich je 2 R im Gleichgewicht, bei 90 noch einer und über diesen Druck hinaus keiner mehr. Die Linie des verlängerten R zeigt ihre grösste Elevation am Anfang und gegen Ende (siehe Fig. 96).

Zählt man die relativ kürzeren R zu den längeren, so hebt sie an mit 4, bleibt auf dieser Höhe bis zu 40 Hg. mm, sinkt nun auf 2 und bleibt ziemlich constant bis zu 70 Hg. mm, nun steigt sie bei 75 Hg. mm wieder auf 4, bei 90 Hg. mm auf 5 und bei 95 Hg. mm gar auf das Maximum von 6.

Die Linie der verkürzten Radien hat einen fast umgekehrten Verlauf; sie hebt mit 1 an, steigt bei 40 Hg. mm auf 4, bei 45 auf 6, sinkt bei 65 Hg. mm auf 5, bei 70 Hg. mm auf 4, um nun auf dieser Höhe bis zu 95 Hg. mm zu bleiben.

Das Längerwerden von R, das Flacherwerden des schwächst gekrümmten Meridians, erklärt sich aus einem Nachgeben des Limbus an der betreffenden Stelle, aus einem Auseinanderweichen der den Limbus constituirenden Scleralfasern, während eine Verkürzung von R ein Festhalten des Scleralfalzes und eine stärkere Wölbung der Hornhaut in Folge grösserer Weichheit ihres Gewebes bedeutet.

Bei 30 und 35 Hg. mm halten in 5 Fällen Sclera und Hornhaut Stand, in 4 Fällen weichen die Limbusfasern, in 1 Fall gibt die ausnahmsweise wenig resistente Cornea nach. Bei 40 Hg. mm wölbt sich schon in 4 resp. 5 Fällen die Hornhaut stärker, bei 45 Hg. mm in 6 Fällen. Die relativ kurzen Radien sind solche, die absolut zu lang sind, bei denen aber doch bereits eine Verkürzung sich eingeleitet hat, bei denen die Hornhaut anfängt, sich auszubuchten. Von diesem Gesichtspunkt aus müssen dieselben zu den verkürzten

Radien gezählt werden. So betrachtet, wächst die Zahl der Verkürzungen bei 50 Hg. mm auf 7, bei 55 Hg. mm auf 8, um von da an bis zu 70 Hg. mm successive auf 4 zurückzugehen und nun bis zum Schluss auf dieser Höhe sich zu behaupten.

Bei einem intraocularen Drucke von 45—65 Hg. mm buchtet sich die nachgebende Cornea in der grossen Mehrzahl der Fälle aus, und die Sclera hält wacker Stand, nachdem sie in einer nicht geringen Zahl von Fällen bei beginnender Spannungszunahme etwas sich gedehnt hatte. Hier scheint die Hornhaut das Maximum ihrer Dehnbarkeit erreicht zu haben; eine weitere Drucksteigerung hat ein erneutes Auseinanderweichen der Limbusfasern im Gefolge. Die Zahl der sich von hier an streckenden R muss bei genauerem Zusehen um die jeweilige Anzahl der Gleichgewichtslagen weniger eine bis zu 70 Hg. mm vermehrt gedacht werden, indem nur eine einzige aus einer positiven Schwankung sich herausgebildet hat, während bei den übrigen das Gleichgewicht durch ein Längerwerden eines erst verkürzten R entstand; diese letztere gilt für alle Gleichgewichtslagen über 70 Hg. mm.

Die Tabelle 12 gibt einen Ueberblick über die 10 verschiedenen r und ihrer durch die Versuche bedingten Veränderungen.

Unter physiologischen Druckverhältnissen beträgt
r im Durchschnitt 7,217 mm
im Maximum 7,583 mm
im Minimum 6,958 mm.

Die grösste Differenz beträgt also 0,625 mm, 3,75 D. entsprechend, um 0,75 D. mehr als die grösste Differenz für R.

r blieb, ähnlich wie R, in keinem Versuche unverändert oder nahm mit Ende des Versuchs seine ursprüngliche Länge wieder an.

Am Ende des Versuchs war r grösser geworden in 5 Fällen und zwar in

1 Fall um 9 Q
1 Fall um 5 Q

3. Der kleine Radius.

TABELLE 12.

No. der Versuche.		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	Differenz von Anfang und Ende.
XXIV	6,958							+1	+1		+1								+1	+ 4 Q = + 1,0 D.
XXIII	7,042			=	−3	−	1	+1	+1	+1		=	+1	+1	+1	=	+1		=	+ 3 Q = + 0,75 D.
XXI	7,25		+	1											+	1	+2			+ 4 Q = + 1,0 D.
XXII	7,583			=	−3	−1		=	−2	−1				+1	+1	+1				− 4 Q = − 1,0 D.
XIV	7,044							−5			+	2				+3	+1	+1	+1	+ 5 Q = + 1,25 D.
XXXVIII	7,292						−1	−	2−	2	−1	=	+2	+1	+1		=			− 2 Q = − 0,5 D.
XIX	7,333			=	1	=	−2	=	−3							+3				− 3 Q = − 0,75 D.
XXV	7,083							+3	+2		=		+1	+1		=	+1	=	+1	+ 9 Q = + 2,25 D.
XX	7,333			−2	=	+4		=	2−	2				+1						− 1 Q = − 0,25 D.
XXXVI	7,25					−	2	−1	−2	−2		=	−3	=	+2	+	2	+1	+1	− 4 Q = − 1,0 D.

2 Fällen um 4 Q
1 Fall um 3 Q
durchschnittlich um 5 Q.

Kleiner geworden in 5 Fällen und zwar in

2 Fällen um 4 Q
1 Fall um 3 Q
1 Fall um 2 Q
1 Fall um 1 Q
durchschnittlich um 3 Q.

Der End- Radius aller 10 Falle mass :

im Durchschnitt 7,263 mm
im Maximum 7,458 mm
im Minimum 7,083 mm.

Die grösste Differenz beträgt also 0,375 mm, 2,25 D. entsprechend, um 0,5 D. weniger als die grösste Differenz für r.

r ist am Ende der Versuche nur im Durchschnitt grösser als am Anfang und zwar um 0,046 mm = 1 Q, dagegen kleiner.

im Maximum um 0,127 mm = 3 Q
im Minimum um 0,125 mm = 3 Q.

Am Anfang der Versuche ist R grosser als r

im Durchschnitt um 0,141 mm = 3,5 Q
im Maximum um 0 = 0
im Minimum um 0, 124 mm = 3 Q.

Am Schluss der Versuche ist R grosser als r

im Durchschnitt um 0,120 mm = 3 Q
im Maximum um 0,208 mm = 5 Q
im Minimum um 0,1205 mm — 3 Q.

Construiren wir aus Tabelle 12 ein analoges Tableau für r, wie wir es aus Tabelle 11 für R construirt hatten, so erhalten wir r

	im Gleichgewicht	länger	kürzer	r länger	r kürzer
bei 30 Hg. mm.	8	1	1	—	—
35 »	7	1	2	—	—
40 »	4	2	4	—	—
45 »	4	2	4	—	—
50 »	2	3	4	1	—
55 »	1	3	5	1	—
60 »	—	3	6	1	—
65 »	—	3	6	1	—
70 »	—	3	5	2	—
75 »	1	3	5	1	—
80 »	—	4	2	4	—
85 »	—	4	2	4	—
90 »	—	5	—	5	—
95 »	—	5	—	5	—
100 »	—	4	—	2	—
105 »	—	4	—	1	—
110 »	—	4	—	1	—

r verhält sich dem wachsenden intraocularen Drucke gegenüber anders als R. Zunächst fällt die grosse Zahl der ursprünglichen Gleichgewichtslagen auf, die aber analog wie bei R mit 50 Hg. mm sämmtlich verschwunden sind. Secundäre Gleichgewichtslagen sind viel seltener als bei R, nur zwei, eine bei 55 Hg. mm nach einer doppelten, erst negativen, dann positiven Schwankung (xx) und eine bei 75 Hg. mm nach einer negativen Schwankung. r leistet also in einer erheblich grösseren Zahl von Fällen der pathologischen Drucksteigerung Widerstand als R.

Die graphische Darstellung der r, welche bei wachsendem Drucke länger werden, giebt eine einfach aufsteigende Linie, die vielfach grosse horizontale Strecken hat, aber nie sich senkt. Bei 30 Hg. mm wird 1 r länger, bei 40 Hg. mm 2 r, bei 50 Hg. mm 3 r, bei 80 Hg. mm 4 r, bei 90 Hg. mm 5 r, also die Hälfte, bei 100 Hg. mm noch 4 r von 6 r.

Die sich verkürzenden r bilden dagegen eine einfach nach oben convexe Curve. Zählen wir die relativ längeren r, die absolut aber kürzer sind, hinzu, so steigt die Curve

von 1 bei 30 Hg. mm, auf 2 bei 35 Hg. mm, auf 4 bei 40 Hg. mm, auf 5 bei 50 Hg. mm, auf 6 bei 55 Hg. mm, auf 7 bei 60 Hg. mm, bleibt so bis 70 Hg. mm und sinkt nun auf 6 bei 75 Hg. mm,

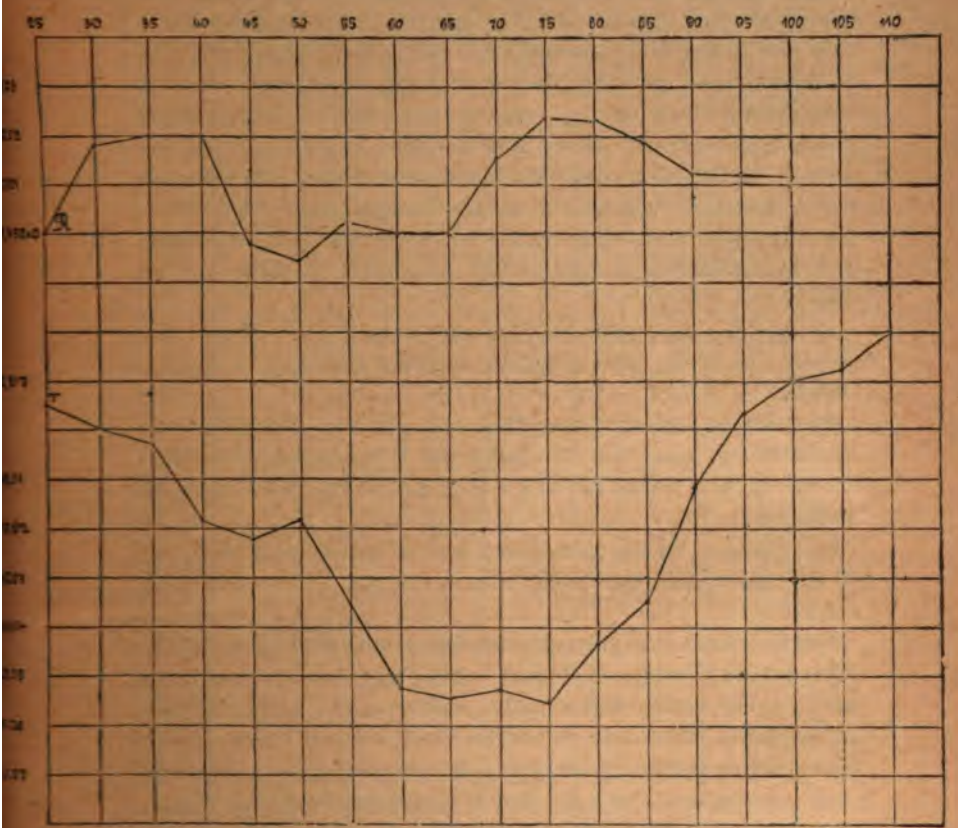


Fig. 96 (Durchschittscurven von R und r).

auf 5 bei 90 Hg. mm und behauptet bei 100 Hg. mm nur noch 2 Fälle von 6, bei 105 Hg. mm nur noch einen von 4 Fällen.

Eine relative Verkürzung ist nicht beobachtet, d. h. in keinem Falle ist r erst länger nachher kürzer geworden, während in einer grossen Zahl von Fällen, bei 90 und

95 Hg. mm, 50 pCt., der erst verkürzte r sich wieder streckte.

Kommen wir wieder auf unsere grob anatomische Vorstellung zurück, bei der wir für jede Dehnung von r, jede absolute sowohl als jede relative ein Nachgeben, ein Auseinanderweichen der Scleralfasern annehmen, für jede Schrumpfung von r dagegen eine starkere Hervorwölbung der Cornea in dem betreffenden Meridian, so ergiebt sich dass bei beginnender Drucksteigerung die ganze Bulbushülle, sowohl Cornea als Sclera, in diesen den r correspondirenden Meridianen mehr Resistenz besitzt als in den vertical daraufstehenden. Der Analogieschluss liegt nahe, den normalen Astigmatismus des menschlichen Auges durch ähnliche Verhältnisse zu erklären.

Bei 40 Hg. mm giebt die Sclera zweimal nach, 4 mal die Cornea, bei 50 Hg. mm giebt die Sclera 4 mal nach, 4 mal die Cornea.

Die Sclera resistirt ungefähr in gleichen Verhältnissen bis zu 80 Hg. mm, nun wird aber ihr Widerstand gebrochen, bei 80 Hg. mm dehnt sie sich 8 mal, bei 90 Hg. mm in allen 10 Fällen.

Die Cornea wurde gewölbter bei 55 Hg. mm 5 mal, bei 60 Hg. mm 6 mal, bei 70 Hg. mm 5 mal, bei 80 Hg. mm noch 2 mal.

Die Hornhaut hat gar nicht nachgegeben in 3 Fällen (XXIV, XXI und XXV) resp. in diesen Fällen war eine Ausbuchtung mit dem Ophthalmometer nicht nachweisbar; möglich wäre es immerhin, dass eine eventuelle Dehnung der Cornea durch eine stärkere Dehnung der Sclera übercompensirt worden wäre.

Die Lederhaut, welche durchschnittlich längeren Widerstand leistet, gibt aber ausnahmslos in allen Fällen nach, sobald ein Druck von 90 Hg. mm erreicht ist. Der Cardinalunterschied des dem r zugehörigen Scleralgewebes gegenüber dem zum R gehörigen liegt darin, dass wir keine Fälle haben, wo dasselbe bei 30—40 Hg. mm sich dehnt, nun festhält, um die Cornea sich wölben zu lassen und spater wieder nachzugeben. r beschreibt eben nicht eine Curve wie R, sondern eine einfache aufsteigende Linie.

Es giebt kein Kaninchenauge, welches einen Druck von

4. Astigmatismus.

TABELLE 13.

No. der Versuche.	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	Differenz von Anfang und Ende.
XXIV	1,25		=	−1		=	−1	−	1	−1	+3	+	1	=	−2	=		−1	− 3 = − 0,75 D.
XXIII	1,0		=	+3		=	−1	−1		=		−1	−1	−1	+1		=		− 1 = − 0,25 D.
XXI	1,25		+2	=	−	4	=	=	=	=	=	=	=	=	−1	−2			− 3 = − 1,25 D.
XXII	0,0		=	+2	+	1	=	+2	=	−	1−	1−	1	−1	−1				0 = 0
XIV	0,25		=	=			+9	+1		=	−2	=	=	−	6	−1	−1	−1	− 1 = − 0,25 D.
XXXVIII	1,75	−	2	−2	=	+	1 +	+	3	+4	+1	−1	−1	−	1	=			+ 4 = + 1,0 D.
XIX	0,0		+2	+4	−1	−2	=	+	3	=	−1	=	=		−3				+ 2 = 0,5 D.
XXV	1,0		=	−1	=		−3	+2	−1		=	+1	+1	−	1	=	=	+1	− 1 = − 0,25 D.
XX	1,0		+3	+1	−4		=+	1−	1−	1	=	−	2	=	=	−	1		− 2 = − 0,5 D.
XXXVI	1,0		+1	+3	+	2	=	+1	+2	+	4	+3	−2	−4	−	2	−1	−1	+ 8 = + 2,0 D.

mehr als 50 Hg. mm. aushält, ohne dass sich seine Hülle, Sclera oder Cornea dehnt.

Der vordere Abschnitt der Bulbushülle scheint durchschnittlich in der Gegend ihres stärkstgekrümmten Meridianes in der Verticalen etwas stärker gebaut zu sein, als in der Horizontalen, ein Satz, welcher der anatomischen Prüfung werth sein dürfte.

Die Durchschnittscurven für R und r (Fig. 96) geben trotz der gegen dieselben erhobenen Einwände eine nicht unwahrscheinliche Darstellung der in Frage stehenden Processe. Allerdings ist das Quantitative der Hebungen und Senkungen so minim, dass die Ordinate der Deutlichkeit halber nicht nach 0,041 mm, sondern nur nur nach 0,01 mm eingetheilt werden konnte.

R erleidet erst eine Verlängerung mit Maximum bei 35 — 40 Hg. mm, bei 45 — 50 Hg. mm Verkürzung bis unter Ausgangsgrösse. Nun folgt eine zweite Periode der Dehnung, die bei 75 Hg. mm culminirt, um später wieder etwas zurückzugehen. Die Curve nähert sich am meisten derjenigen von R im Fall XXXVI (Fig. 94). Also erst Dehnung der Sclera, darauf Wölbung der Cornea und endlich abermalige Dehnung der Sclera.

Die Curve von r sieht ebenfalls derjenigen von Fall XXXVI nicht unähnlich; erst Verkürzt sich r, zunächst langsam, von 50 — 60 Hg. mm rascher, um von 65 — 75 Hg. mm ziemlich gleich zu bleiben, und von 75 Hg. mm an bis zum Schluss sich stetig zu verlängern, und zwar etwas über seine Anfangsgrösse hinaus. Erst gibt wesentlich die Cornea nach, von 75 Hg. mm an aber die Sclera.

Von den 18 Versuchsaugen besassen Astigmatismus :

2 = 0 D.
1 = 0,25 D.
4 = 1 D.
2 = 1,25 D.
1 = 1,75 D.

Von 10 Augen haben also nur 3 Augen einen Astigmatismus grösser als 1 D. Auf ein Auge kommen durchschnittlich 0,85 D.

Am Ende der Versuche besassen von diesen 10 Augen Astigmatismus:

3 = 0.
3 = 0,5 D.
2 = 0,75 D.
1 = 2,75 D.
1 = 3 D.

Die Zahl der astigmatismuslosen Augen ist von 2 auf 3 gewachsen, trotzdem Auge XIX, das Anfangs frei von Astigmatismus war, einen solchen von 0,5 D. acquirirt hatte. Auge XIV mit ursprünglich 0,25 D. verlor seinen Astigmatismus vollständig. Unter den 10 Augen hatten vor der Drucksteigerung nur 3 einen Astigmatismus von weniger als 1 D., am Schluss der Versuche befanden sich 8 Augen unter dieser Bedingung. Nur zwei Fälle verhalten sich umgekehrt; in Auge XXXVIII war der Astigmatismus im Verlaufe des Versuches gestiegen von 1,75 D. auf 2,75 D. und in Auge XXXVI von 1 D. auf 3 D. Bei genauerer Betrachtung dieser beiden Augen fällt das sehr analoge Verhalten ihrer r auf; beide wachsen bis 75 Hg. mm, XXXVIII nach einer kleinen primären Verkürzung, XXXVI ohne eine solche; nach 75 Hg. mm aber nehmen beide consequent ab, bei XXXVI bis zu 110 Hg. mm, bei XXXVIII bis zum Schluss des Versuchs, der leider nicht einmal bis zu 100 Hg. mm. ausgedehnt wurde. Es ist höchst wahrscheinlich, dass bei Fortsetzung dieser beiden Versuche r successive weiter abgenommen haben würde, und die Ausnahmsstellung derselben nicht zu Stande gekommen wäre.

In keinem der 10 Augen ist aber der Astigmatismus bei zunehmender Spannung einfach immer kleiner geworden; in allen kam vorübergehend eine Zunahme vor, und zwar vorwiegend bei den niedern Spannungsgraden. Bei weiterer Steigerung des Druckes aber ist das Zurückgehen des Astigmatismus das Bestreben der Hornhaut, ihre Wölbung auszugleichen, unverkennbar. Hier muss die Durchschnittscurve (Fig. 97) als typisch bezeichnet werden; sie steigt, von 0,85 D. ausgehend, mit Ausnahme einer kleinen negativen Schwankung zwischen 40 und 50 Hg. mm, bis auf 1,8 D. bei 75 Hg. mm, um von da

rapid und consequent abzufallen und zwar bis unter den Ausgangspunkt bis unter 0,8 D.

Die consequenteste und prägnanteste unter den Erscheinungen des Astigmatismus ist die Tendenz aus der normalen Form herauszutreten und in die perverse oder paradoxe Form überzugehen. Ueber die Eigenthümlichkeiten dieser Tenden gibt der nächste Abschnitt Aufschluss.

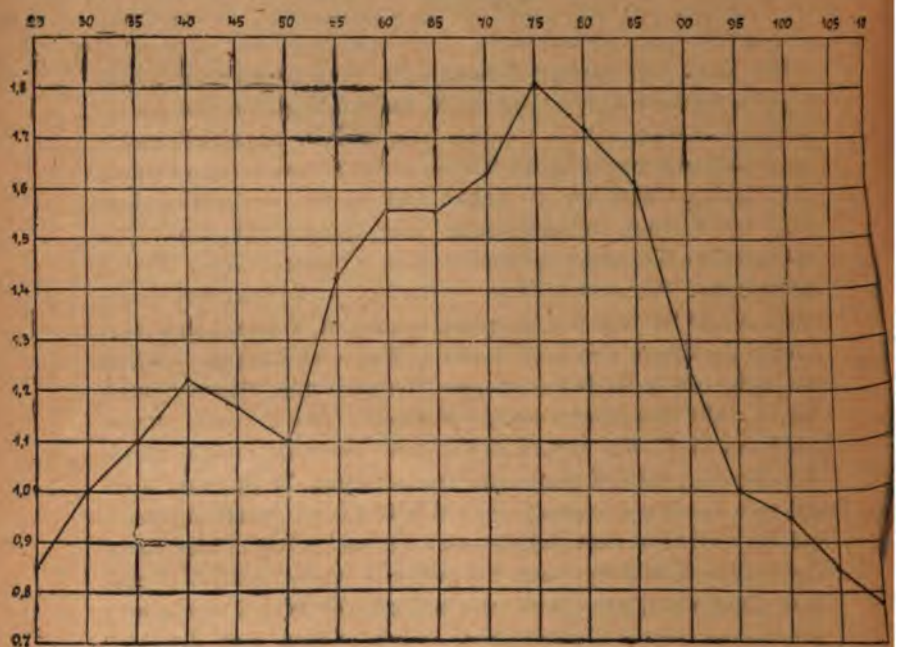


Fig. 97 (Durchschnittscurve von A).

Bei Betrachtung der grossen Axe und ihrer Verschiebung in Folge der Spannungszunahme innerhalb der bei unseren Versuchen zur Anwendung gekommenen Spannungsgrössen (Tabelle 14) ist zunächst hervorzuheben, dass die Fälle XXIV, XXII und XXV jeweilen das rechte Auge des Versuchsthieres betreffen, die übrigen Fälle sämmtlich das linke Auge.

In 9 Fällen wich die grosse Axe von der Horizontalen ab, in einem Falle um 45°, in 8 Fällen um weniger als 45°. In keinem Versuchsauge existirte also von Haus aus ein abnormer

5. Drehungswinkel des Haupmeridians.

TABELLE 14.

Auge.	No. der Versuche.	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	Differenz von Anfang und Ende.
o. d.	XXIV	−80°		=	−75	—	72	−70	—	65	−60	−57	—	51	−45	−30	−27		=	− 53°
o. s.	XXIII	−65°				—	60	−57	=	—	52			−50	−45	−40	−30	—	20	− 45°
o. s.	XXI	−52°		−40	−35	—	30						−18	=	—	13	−10			− 42°
o. d.	XXII	−50°	—	47	−45				−40	−30	=	—	17	−12	−7	−2				− 48°
o. s.	XIV	−68°				—	66				—	60	=	—	45	−38	−25	−15	−10	− 58°
o. s.	XXXVIII	+75°	+	70	=	+60	+	55			+50				+	45	+ 40			+ 35°
o. s.	XIX	90°				−85	=	−83	=	—	80	−76	=	—	75	=				− 15°
o. d.	XXV	−75°		=	−70	—	60	−45	+45	+40	+	30	+10	−15	—	25	−30	−35	=	
o. s.	XX	−75°					−72	—	70	−65			−62	−60			—	55		− 20°
o. s.	XXXVI	−45°						−40	−37					−35			—	33	−30	− 15°

Astigmatismus. Die durchschnittliche Ablenkung der grossen Axe von der Verticalen betrug 66,6° von der Horizontalen, 23,3°.

Bei Berücksichtigung des Vorzeichens der Winkel ergiebt sich, dass in den 4 Fällen XXVI, XXII, XXXVIII und XXV die grosse Axe von oben und aussen nach innen und unten, in den übrigen 6 Fällen dagegen von oben und innen nach unten und aussen gerichtet war. Da nun alle Fälle mit Ausnahme von XXV, der die oben genauer geschilderte Sonderstellung einnimmt, ein durchaus regelmässiges, von keinem vorübergehenden Zurückweichen unterbrochenes Fortschreiten der grossen Axe von der Horizontalen zur Verticalen aufweisen, so geschieht diese Drehung in der grösseren Gruppe in der Richtung des Uhrzeigers, den innern obern und den äusseren untern Quadranten durchwandernd, bei der kleineren Gruppe in entgegengesetzter Richtung im äussern obern und im untern innern Quadranten sich bewegend. Durhschnittlich für die 9 Versuche hat sich die grosse Axe bei 95 Hg. mm der Verticalen um 35,2° genähert; sie ist von 66,°6 auf 31,4° derselben nahe gekommen.

Theoretisch wäres jedes stigmatische und jedes normal astigmatische Auge bei 95 Hg. mm ein pervers astigmatisches geworden ; in Wirklichkeit haben 2 von den 9 Augen den normalen Astigmatismus behalten; bei Auge XIX hat sich die grosse Axe nur um 15° verschoben, von — 90° zu — 75° und in Auge XX um 20°, von — 75° zu — 55°.

Ihre Anfangsstellungen haben die grossen Axen unverändert beibehalten bei 30 und 35 Hg. mm in 7 Fällen, bei 40 Hg. mm in 4 Fällen, bei 45 Hg. mm noch in 2 Fällen. Bei 50 Hg. mm haben sich die grossen Axen sämmtlich gegen die Verticale verschoben.

Unter den 7 Fällen, bei denen die Axen durch 35 Hg. mm noch nicht alterirt wurden, haben bei diesem Drucke vier weder R noch r verändert, in dreien war R grösser geworden, durchschnittlich um Q, in zweien war r kleiner gewordem um 1,5 Q. im dritten Falle war r gleich geblieben. Unter den 4 Fällen mit stabiler Axe bei 40 Hg. mm finden sich noch 2 mit unverändertem R und r.

Es geht daraus hervor, dass die Veränderung der Wölbung der Hornhaut mit einer Verschiebung des Hauptmeridians sich

zu verbinden strebt und dass, wenn überhaupt eine Dehnung in der Richtung des ursprünglichen grossen Meridianes eintritt, diese sich immer nur in sehr engen Grenzen bewegt, und immer im Anfange der Versuche bei relativ niedrigem Drucke zu Stande kömmt, um später bei höhern Druckwerthen nie wieder aufzutreten.

Es hat den Anschein, als ob in dieser Richtung des ursprünglichen grossen Meridianes die Sclera relativ am wenigsten resistent sei und dem physiologischen Drucke oder einem nur wenig höhern nachgegeben habe, dass aber die Dehnbarkeit sofort an ihren Grenzen angelangt sei und dass nun bei weiterer Zunahme der Spannung jeweilen die nächst angrenzenden Scleraltheile der Dehnung anheimfielen. Die primäre Stellung der grossen Axe zeigt schon an, in welcher Richtung sie weiter schreiten, sich drehen wird. Die Verticale kommt in der Regel zuletzt an die Reihe für die Dehnung; in unsern 9 Fällen wird sie nie ganz erreicht; in 2 Fällen kommt die grosse Axe auf 10° nah, in einem Falle auf 2°. Zu vergessen aber ist nicht, dass die von mir angewendeten Druckgrössen noch recht mässige waren und wahrscheinlich nicht an die obere Grenze der glaucomatösen Druckwerthe reichen, dass bei Fortsetzung der Versuche die grosse Axe sich der Verticalen voraussichtlich noch mehr genähert hätte.

Das Sonderverhalten, das Fall XXV einnimmt und das oben genau geschildert worden ist, besteht im Wesentlichen darin, dass die grosse Axe über die Verticale hinwegsetzt, und nicht nur einmal, sondern zweimal, das erste Mal in grossem Sprung, dass zweite Mal in kleinerem Schritt, dass dieselben nicht in 1 resp. 2 Quadranten herum sich bewegt, sondern in 2 resp. allen 4 Quadranten sich herumtummelt.

Bei physiologischem Drucke befand siche die Axe bei — 75°, sie verlief, da das Auge ein rechtes war, von oben aussen nach unten innen. Von — 75° wandert sie erst allmählich zu — 45°, springt von hier um 90° nach + 45°, um nun sich allmählich nach rückwärts zu bewegen gegen die Verticale und über dieselbe hinaus zu — 35°. Trotz dieses Herumwanderns ist am Ende des Versuchs die grosse Axe doch um 40° der Verticalen näher als am Anfang, ist nicht etwa auf den ersten Stand zurückgekehrt oder mehr an die Horizontale herangerückt.

Während bei den übrigen Versuchen die Cornea und ihr Limbus in der obern Hemisphäre in dem einen oder andern Quadranten auf eine Strecke von durchschnittlich 34°, im Minimum von 15°, im Maximum von 58° nachgegeben hat, so bestreicht das Feld der Dehnung hier einen Bogen von 120°. Die Sclera ist mit Rücksicht auf ihre Festigkeit hier etwas anders gebaut als in den 9 andern Fällen, von denen übrigens kein einziger mit einem zweiten sich identisch verhält. Jedes Auge ist ein Individuum und keine blosse Nummer. Der horizontale Meridian hat also auch in diesem Ausnahmsfalle bei höherem Drucke nicht nachgegeben.

Das Verhalten der grossen Axe in unsern Versuchen stimmt auffallend mit dem, was wir bei Glaucom beobachten und worauf Martin ein besonderes Gewicht legt. Martin hat es zuerst klar und deutlich ausgesprochen, dass glaucomatöse Drucksteigerung perversen Astigmatismus macht, dass dieser perverse Astigmatismus nach Heilung des Glaucoms wieder zurückgehen kann. Zum Belege dieser letzten Behauptung führt Martin speciell 4 Beobachtungen an, denen wir eine fünfte aus jüngster Zeit beizufügen im Stande sind.

G. W., 46 Jahre alt, leidet rechts an typischem Glaucoma simplex mit bedeutender Vermehrung des intraocularen Druckes, links an Iritis chronica. Am 16. Januar vor der Operation zeigte die rechte Cornea einen objectiven perversen Astigmatismus von 4 D., Axe vertical, die linke Cornea einen normalen Astigmatismus von 0,5 D. Am 17. Januar beiderseits mittelbreite Iridectomie nach oben. Am 30. Januar zeigt die rechte Cornea noch 3,25 D. perversen, die linke Cornea jetzt 1,5 D. perversen Astigmatismus. Auf dem linken Auge hat sich in Folge der Vernarbung der Lanzenwunde die Corneawölbung derart verändert, dass, ideale Krümmung früher vorausgesetzt, ein perverser Astigmatismus von 2 D. zu Stande gekommen wäre. Einen gleichen Narbeneffect, auf das rechte Auge übertragen, müssten wir, ohne Intervention anderer Factoren, hier einen perversen Astigmatismus von 6 D. erwarten; unter diesem Voranschlag blieb der relle umgekehrte Astigmatismus um 2,75 D. zurück. Dieses Deficit

können wir nur auf die entspannende Wirkung der Iridectomie setzen. Die Sclera hat ihre Elasticität in Folge der Druckerhöhung nur theilweise eingebüsst; sie kann sich möglicherweise noch mehr erholen, falls der pathologische Druck nicht allzulange gedauert hatte, ein Moment über das unser Patient ungenügende Auskunft zu geben vermochte.

Wenn wir die Festigkeit der Lederhaut des Kaninchens gleich der des Menschen setzen — voraussichtlich ist sie im ausgewachsenen Zustande unter der des menschlichen Auges — so müssen wir annehmen, dass der intraoculare Druck bei Glaucom nicht selten 100 und 110 Hg. mm übersteigt, oder aber dass bei längerer Dauer desselben die Sclera nach und nach ein und demselben Druck mehr nachgiebt, so würde es sich erklären, dass bei Glaucom die grosse Axe nicht selten bis in die Verticale vorrückt.

Resumiren wir zum Schluss die Hauptergebnisse unserer Untersuchungen:

1. Das Kaninchen-Auge besitzt einen physiologischen Druck von circa 24—25 Hg. mm. Eine relativ geringe Steigerung dieses physiologischen Druckes bedingt eine Formveränderung der Hornhaut; häufig genügen hierzu schon 5—10 Hg. mm. Eine Steigerung des normalen Druckes um 25 Hg. mm hält kein solches Auge ohne Gestaltsveränderung aus.

2. Es bestätigt sich im Allgemeinen der Satz von Helmholtz, „dass die Hornhautkrümmung, abgesehen von individuellen Verschiedenheiten, von dem Druck der Flüssigkeit im Auge abhängt, so dass der Krümmungsradius der Hornhaut desto grösser wird, je grösser der Druck ist.

   R ist am Ende der Versuche durchschnittlich um 0,028 mm grösser als am Anfange, r um 0,046 mm.

3. Bei zunehmendem intraocularen Drucke nimmt der bestehende Astigmatismus nach vorübergehender Zunahme bei relativ niedrigen Druckgraden, suc-

cessive ab — wenigstens innerhalb der von uns experimentirten Druckgrössen.

4. Der normale Astigmatismus kehrt sich bei Spannungszunahme der Bulbuskapsel um und wird paradox, indem die grosse Axe von der Horizontalen weg und der Verticalen zustrebt.

Dieses Verhalten erklärt zunächst die Beobachtungen von perversem Astigmatismus beim Glaucom des menschlichen Auges, das zuweilen Druckverhältnisse zu besitzen scheint, welche über die von uns experimentirten hinausgehen.

Ferner werden diese Verhältnisse herbeigezogen werden müssen zur Erklärung des in der Berner Klinik vor der Veröffentlichung von Schoen bereits gefundenen perversen Astigmatismus des Greisenalters.

5. Unter 10 resp. 46 Kaninchen-Augen reagirt die Hornhautkrümmung nicht 2 mal identisch auf die allmähliche Steigerung des intracularen Druckes, auch nicht bei ein und demselben Individuum. Das anatomische und physicalische Verhalten der Bulbuscapsel ist auch in der Norm auf sehr breiter Basis aufgebaut und zwar sowohl mit Rücksicht auf verschiedene Abschnitte ein und desselben Auges.

Die von Schelske gefundenen anatomischen Eigenthümlichkeiten der Scleralfasern am Limbus und in der Gegend das Ciliarmuskels sind geeignet, das Verhalten von R in einer Reihe von Versuchen zu erklären.

Am Schlusse meiner Arbeit angelangt, erfülle ich noch die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Pflüger, dessen Assistent ich zu sein die Ehre habe, für die mir zu dieser Arbeit gegebene Anregung und für das so reichlich geschenkte Interesse an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

XXIX

UN PERFECTIONNEMENT

A L'OPHTALMOMÈTRE

par JAVAL

(*C. R. de la Soc. franç. d'ophtalmologie*, 1888, p. 237.)

M. Javal présente un quadriprisme qu'il se propose d'introduire dans la construction de l'ophtalmomètre. Ce sont deux biprismes identiques croisés à angles droits. Le dédoublement, au lieu de se faire dans un seul méridien, se fait dans deux méridiens à 90 degrés et si l'on a deux paires de mires, on peut faire simultanément la lecture des deux méridiens.

[A. — Depuis cette communication, j'ai essayé un *triprisme*, d'une construction plus difficile que le quadriprisme, et que j'ai présenté la même année au Congrès international d'Heidelberg (voir plus loin, n° xxx, p. 363).

Les prismes en crown, dont l'angle est d'environ 1 degré, présentent l'avantage d'être bien moins coûteux que les prismes biréfringents, mais ils ont l'inconvénient, comme les glaces parallèles, de découper le faisceau lumineux d'une manière telle que la moindre erreur de mise au point fausse notablement les lectures. Ce défaut, tolérable dans l'instrument de Helmholtz, déprécie celui de Dubois et Leroy. (Il existe dans les instruments livrés par M. Laurent à partir du numéro 47.)

Mais, d'autre part, l'emploi des prismes en crown permet de construire à peu de frais des instruments à très grande ouverture. Grâce à la masse de lumière dont on peut alors disposer, on peut *détripler* l'image sans trop l'affaiblir.

Avec le *triprisme*, l'inconvénient des prismes disparaît, puisqu'on voit *simultanément* la réfraction dans deux méridiens perpendiculaires. On peut donc espérer construire un ophtalmomètre à bon marché en usant soit du triprisme, soit d'un objectif coupé en trois.

B. — J'ai également essayé un prisme rectangle isocèle fixé entre les deux objectifs de l'ophtalmomètre, de manière à obtenir, par réflexion totale sur l'hypoténuse de ce prisme, une seconde image tournée de 90 degrés. Par ce procédé, on peut comparer directement la longueur et la largeur de l'image rectangulaire formée par un carré. On a l'avantage de doubler l'exactitude de mesure de l'astigmatisme, et d'avoir des images rigoureusement achromatiques. — J'ai renoncé à ce procédé à cause de l'influence excessive des moindres mouvements de l'instrument sur la position respective des images.

XXX

VII. INTERNATIONALER

OPHTHALMOLOGEN-CONGRESS

DISCUSSION UEBER OPHTHALMOMETRIE

I. Sitzung (8 August 1888.)

Herr JAVAL (Paris). — Ueber Ophthalmometrie.

Meine Herren! Ich zweifle gar nicht daran, dass die Ophthalmometrie nach und nach in die Klinik aufgenommen werde, und lebe in der Ueberzeugung, dass die Ophthalmometrie den Patienten ebenso häufige und ebenso grosse Dienste erweisen wird, wie die Ophthalmoskopie. In einigen Jahren werden wohl ebensoviele Collegen sich daran machen das Ophthalmometer zu vervollkommnen, wie das mit dem Ophthalmoskop der Fall gewesen ist.

Vor bald zehn Jahren unternham ich eine Reihe von Untersuchungen mit Hilfe des Helmholtz'schen Instrumentes; das Verfahren war aber ein so langwieriges, dass ich bald darauf angewiesen wurde, manches an dem von Meyerstein construirten Apparate zu modificiren.

Die erste Modification bestand darin, dass ich das ganze Getriebe aus dem alten Ophthalmometer wegliess. Die eine Glasplatte wurde in eine mittlere Position fixirt, die andere Glasplatte wurde allein beweglich gemacht, und dadurch hatte ich zwei Vortheile. Erstens, da die bewegliche Glasplatte, die

ganz allein für die Verdoppelung des Bildes sorgen musste, zweimal so grosse Bewegungen zu machen hatte, als jede der früheren Platten, war die Ablesung zweimal exacter geworden. Zweitens hatten wir den Vortheil, da das ganze Getriebe weggelassen wurde, dass wir nicht mehr 72 Ablesungen zu machen brauchten, um diese Fehler, diese "temps perdus" in der Wirkung der Getriebe zu compensiren. Als ich dem Collegen Schjötz diesen Vorschlag machte, schlug er die Hände über den Kopf zusammen und sagte: wie können wir uns eine solche Anmassung erlauben, an dem Helmholtz'schen Ophthalmometer zu rütteln? Wir hatten alle vor diesem Instrument einen solchen Respect, dass wir uns kaum erlauben konnten, etwas daran zu verändern. Da es aber sehr leicht war, das Getriebe wieder in Ordnung zu setzen, machten wir doch den Versuch, und das Resultat war wirklich ein so vollkommen angenehmes, dass es uns gar nicht einfallen könnte, jetzt ein Ophthalmometer mit zwei beweglichen Platten zu gebrauchen. Das war also die erste Modifikation.

Die zweite Modifikation war folgende: Die Stange von Mandelstamm mit den drei Spiegeln wurde an das Instrument befestigt. Nun hatten wir nicht mehr die Mühe zwei Bewegungen zu machen, erst den Kasten zu drehen und zweitens die Stange mit den Platten. Es ist unglaublich, dass es nicht immer so gemacht worden ist. Es ist eben eine Folge des Respects, den man vor dem Instrumente gehabt hat; man erlaubte sich nicht etwas daran zu modificiren oder selbst nur an dem Kasten eine Schraube anzubringen, um daran etwas zu befestigen. Sobald aber unsere Stange sich mitdrehte, hatten wir Freude an der kleinen Erleichterung der Arbeit. Bald merkten wir aber, dass die Einstellung der drei Spiegel nach jeder Rotation mehr Zeit in Anspruch nahm, als die ganze übrige Arbeit. Wer Ophthalmometrirt hat, weiss wie zeitraubend das war. Da kam uns die Idee, an der Mandelstamm'schen Stange anstatt dreier Spiegel drei Gasbrenner anzubringen, und zwar recht flache Flammen, welche mit einer solchen Kraft blasen, dass, wenn man das Instrument dreht, die Flammen sich nicht biegen und der Stange wagerecht bleiben. Diese drei Flammen sind viel lichtstärker als die drei Spiegel von Mandelstamm. Nachdem dies ausgeführt war,

kam uns der vierte Gedanke, dass es gar nicht angenehm war, auf dem Tambour des Helmholzt' schen Ophthalmometers mit einer Loupe die Gradeintheilungen abzulesen, und dass sich die Ablesung sehr erleichtern liess, wenn wir statt des kleinen Tambours einen viel grösseren hätten. Sobald brauchten wir keine Loupen mehr zum Ablesen. Da nun die Ablesung schnell, leicht und genau ausfiel, war es um so lästiger, jede Ablesung erst in Krümmungsradien umzurechnen oder durch ein Diagramm umzuwandeln. Wir sagten uns aber nun : das alte Ophthalmometer wollen wir aus Pietät nicht weiter in Stücke reissen ; wir haben es noch immer in seiner originalen Form in unserem Laboratorium, und es soll dort als ewiges Andenken an Helmholtz auch bleiben. Seine Sache war es, die Prinzipien der Ophthalmometrie aufzustellen, wie er es mit dem Ophthalmoskop gethan, und unsere Sache ist es, da wir so viel mehr Zeit auf einen einzigen Gegenstand verwenden können, nach und nach Modificationen einzuführen.

Die fünfte Modification lag weniger auf der Hand; sie besteht nämlich in der Idee nach den catoptrischen Bildern den dioptrischen Werth der Cornea abzulesen. So geschah es auch in dem von mir 1880 in Mailand vorgelegten Instrumente, welches ich Ihnen hier vorzeige.

Mit diesem Instrumente beobachtet man das Auge in grosser Distanz, ganz wie beim ersten Ophthalmometer von Helmholtz. Es ist leicht einzusehen, dass die Genauigkeit dieses Instrumentes im schlimmsten Falle dieselbe sein muss, wie die des primitiven Ophthalmometers, d. h., wenn ein Unterschied vorhanden sein kann, so kann derselbe nur zu Gunsten des neuen Instrumentes sein, weil die Getriebe wegfallen und die Gasflammen sehr viel heller und zugleich kleiner als die Spiegel sind.

Als wir 1881 von Mailand zurückkamen, machten wir uns daran, das Instrument für kurze Distanzen anzupassen, und in der That war es ganz vortheilhaft recht nahe an das zu messende Auge zu rücken. Dabei fiel die alte Installation weg, indem es nach meiner neuen Formel darauf ankam, durch Bewegungen des ganzen Rohres für das Hornhautbild einzustellen. Mit dieser sechsten Modification erhält man schon ein brauchbares Instrument; ein solches ist von meinem früheren

Assistenten Dubois mit Hilfe meines Freundes Leroy in die Oeffentlichkeit gebracht worden.

Die siebte Veränderung bestand darin, dass wir die Flammen durch weisse Signale ersetzten. Sobald erhielten wir den Vortheil bei Tageslicht arbeiten zu können.

Die weissen Signale brachten diesen achten Vortheil mit sich, dass sie sich scalenförmig ausführen liessen. Sie wurden auf einem Kreisbogen beweglich angebracht, und daraus entsteht der neunte Vortheil, dass man die Verdoppelung nicht mehr variiren lässt. Es ist uns jetzt erlaubt, die beiden Glasplatten zu fixiren; als zehnte Veränderung konnte man also die Glasplatten durch ein doppeltbrechendes Prisma ersetzen. Die Vortheile dieser Prismen habe ich schon in London 1881 auseinandergesetzt. — Hier steht also das 1881er Ophthalmometer.

Ich möchte gegen verschiedene dem Instrument beigelegte Namen remonstriren. Die Bezeichnung Keratoskop ist nicht passend, denn es ist ein Werkzeug zum Messen. Der Name Astigmometer gefällt mir auch nicht, denn ich messe keinen Astigm. Warum sollen wir den alten Namen verändern? Es ist das alte modificirte Ophthalmometer von Helmholtz, nennen wir es also doch weiter Ophthalmometer. Es ist auch deswegen richtiger es Ophthalmometer zu nennen, da wir damit nicht nur Astigmatismus, sondern auch Radien messen. Wenn es uns gefällt, was jetzt Kollege Tscherning in meinem Laboratorium gethan hat, können wir elektrische Lämpchen anbringen, mit deren Hilfe wir auch die Linse mit einer Leichtigkeit messen, wie es noch nie dagewesen ist. Das Instrument ist also ein Ophthalmometer und soll diesen Namen behalten.

Wie Sie wissen, und unser Präsident hat, glaube ich, herbe Erinnerungen daran, wenn man in früheren Zeiten mit dem alten Ophthalmometer den Astigmatismus der Cornea messen wollte, so musste man etwa 72 Abmessungen vornehmen, und erst nach langen Umrechnungen war es möglich auf die Meridiane zu kommen. Hier ist die Sache anders. Aus mathematischen Gründen, die ich hier nicht ausführen kann, weil es zu weit führen würde, verhält sich die Sache so, dass nur in den Hauptmeridianen die beiden Miren in derselben Höhe erscheinen. Wenn Sie in das Rohr hineinsehen, so merken Sie

augenblicklich, ob die Miren im Hauptmeridiane sind oder nicht; durch Drehung des Ganzen wird in wenig Secunden der Hauptmeridian gefunden; haben Sie den einen Hauptmeridian gefunden, so brauchen Sie nur das ganze Instrument um 90 Grad zu rotiren und Sie lesen sogleich im zweiten Meridiane den Grad des Astigmatismus.

Präsident:

Sie haben schon mehr Zeit gebraucht, als eigentlich zugestanden ist. Ich möchte Sie daher bitten, sich möglichst kurz zu fassen. Manches, was Sie mittheilen, wird als Demonstration auch noch leichter verstanden werden.

Herr Javal:

Soweit war das Instrument gediehen, als ich es mit meinem Kollegen Schjötz im Jahre 1881 nach London brachte. Ich bin immer mit der Verbesserung desselben beschäftigt. Es ist aber sehr unangenehm, wenn man 300 Mark für ein Instrument ausgegeben hat und im nächsten Jahre etwas Besseres erscheint. Bestellungen werden also vorläufig nicht mehr angenommen. Bei der 89. Weltausstellung hoffe ich ein Instrument erscheinen zu lassen, welches freilich auch nicht das definitive sein wird (es wird gewiss noch Mancher etwas daran verbessern können), aber welches wohl sich auf längere Zeiten als brauchbar erweisen wird. Das neue Instrument, welches ich Ihnen heute vorlege, unterscheidet sich von dem früheren hauptsächlich dadurch, dass es nicht mehr doppelt-, sondern dreifachbrechend ist, und das hat einen ziemlich grossen Werth. Namentlich geschieht es zuweilen mit dem 1881er Instrument, dass der Patient zwischen der ersten und zweiten Ablesung eine kleine Bewegung gemacht hat; der Beobachter soll also immer noch einmal in die erste Lage zurückkommen, um ganz sicher zu sein, dass der Patient sich nicht bewegt hat, weil die kleinsten Veränderungen in der Distanz den Werth der Messung verändern. Eine andere Neuigkeit besteht darin, dass der Winkel nicht mehr auf einem Gradbogen, sondern nunmehr direkt, durch Abspiegelung eines eingetheilten Kreises, auf der Cornea leicht abgelesen wird. Das Instrument ist demnach so beschaffen, dass der Assistent Alles einstellt, und wenn das

geschehen ist, genügt es mir, mein Auge an das Ocular zu bringen, um auf dem Auge des Patienten auf einmal den Krümmungsradius, den Astigmatismus und die Lage des Astigmatismus abzulesen. Sie können damit also nicht nur in ein paar Minuten den Astigmatismus messen, sondern in einem Augenblicke — das ist der richtige Ausdruck dafür — die Messung eines Astigmatismus controliren und ganz sicher sein, dass gar kein Irrthum dabei vorfällt.

Das war der instrumentale, der theoretische Theil meiner Mittheilung. Ich dahtce dann als zweiten Theil etwas über die Resultate der Ophtalmometrie zu sagen. Ich habe mehrere Tausende von Augen ophtalmometrirt, und das haben auch die 50 Collegen gethan, die das Ophtalmometer jetzt besitzen, und wir wissen jetzt sehr vieles, früher ganz Unbekanntes. Ueber diesen zweiten Theil meiner Mittheilungen werde ich aber wohl schweigen müssen, weil die Zeit dazu fehlt.

Discussion über den Vortrag des Herrn Dr. Javal: „Sur l'Ophtalmométrie".

(*II. Sitzung*, 9 August, p. 104.)

Herr Dufour (Lausanne):

Je prierai M. Javal de me donner des renseignements sur les rapports entre l'astigmatisme cornéen et l'astigmatisme total de l'œil, et de nous dire si la corbure de la cornée varie avec la pression sanguine et l'action du cœur.

Herr Javal (Paris):

Quant à la seconde question de M. Dufour, je dirai que dans deux cas de kératocone j'ai constaté sans aucun doute possible des variations rythmiques du rayon de courbure et que j'ai constaté leur synchronisme avec le pouls de l'observé.

Quant à la première question, la réponse détaillée demanderait une demi-heure. Je me bornerai à dire, après avoir mesuré des milliers d'yeux, que l'astigmatisme total peut être conclu d'avance avec une erreur le plus souvent insignifiante, quand

on connaît l'astigmatisme cornéen, la réfraction sphérique, les habitudes et l'âge du malade.

Il existe deux sortes d'astigmatisme cristallinien: le statique et le dynamique.

L'astigmatisme statique du cristallin est généralement faible dans les cas d'astigmatisme cornéen conforme à la règle: je ne m'y arrêterai pas.

Dans les cas d'astigmatisme cornéen contraire à la règle, la déformation statique du cristallin est toujours dans le même sens, et l'astigmatisme total est très supérieur à celui de la cornée (c'était sans doute le cas de Thomas Young).

L'astigmatisme dynamique ou accommodatif peut dépasser une dioptrie chez les jeunes gens et cela explique pourquoi une acuité visuelle excellente est compatible chez eux avec un astigmatisme cornéen d'une dioptrie.

Puisque M. de Helmholtz nous fait l'honneur d'assister à la séance, je serais bien heureux s'il voulait bien nous expliquer comment sa théorie de l'accommodation peut rendre compte de l'accommodation astigmatique du cristallin.

Herr H. von Helmholtz (Berlin) :

Ich habe nicht ganz deutlich die Frage verstanden : bezieht sich dieselbe auf langsame Veränderungen des Astigmatismus während des Lebens, oder auf schnell eintretende und vergehende? Ich konnte leider bei dem Vortrag, den Herr Javal heute Vormittag gehalten, nicht gegenwärtig sein.

Herr Meyer (Paris) :

Les changements rhytmiques dans la courbure de la cornée que M. Javal a signalés et que j'ai observés également m'ont paru naître sous l'influence de très légers mouvements de la tête du malade, en avant et en arrière, produits par le choc du cœur et par la circulation.

Quant au mouvement de rotation du cristallin que M. Javal introduit dans le mécanisme de l'accommodation, il serait utile d'expliquer si cette rotation ne se produit que dans des conditions déterminées ou s'il la considère comme un facteur constant. C'est un fait absolument nouveau et dont la réalité devra être mise hors de doute, avant qu'on puisse s'en servir dans la discussion de la théorie de l'astigmatisme.

Herr H. von Helmholtz (Berlin):

Wie ich sehe ist also von schnellen Veränderungen die Rede gewesen. Von deren Existenz habe ich bisher noch nichts, gewusst, und bin zunächst zu unvollkommen über dieselben unterrichtet, um Erklärungsversuche zu geben.

Herr Reymond (Turin):

Je demande à Mr. Javal comment il explique les variations de grandeur, toujours sensibles et quelquefois très fortes, qu'on observe dans l'image réfléchie par la cornée, et cela malgré les précautions prises pour maintenir une même direction à l'axe visuel et une même inclinaison du plan de regard, afin d'éviter les rotations de l'œil sur l'axe optique qui s'associent aux inclinaisons du plan de regard. Je pense que ces variations de grandeur de l'image cornéenne sont le résultat de rotations sur l'axe optique imprimées par les variations d'accommodation qui surviennent pendant l'examen ophtalmométrique.

En effet, lorsque l'œil est adapté pour le point moyen de l'intervalle focal de Sturm, les méridiens également réfringents qui se trouvent au milieu de l'intervalle focal, occupent à peu près la direction où nous trouvons ordinairement les méridiens principaux de la cornée astigmate. C'est un fait déjà indiqué par Fick et qu'il est facile de constater avec les procédés ordinaires d'optométrie, avec les lentilles, et mieux encore dans l'examen avec des optomètres.

Or ces deux méridiens également réfringents de l'intervalle interfocal, croissent à angle droit les méridiens principaux. On doit donc dire que l'œil a fait une rotation à peu près égale sur son axe lorsqu'il accommode pour le milieu de l'espace interfocal. D'après les observations que j'ai faites avec le Dr Baiardi, assistant de ma clinique, la rotation varierait entre 15° — 20° au moins et ne se produit que dans les yeux qui jouissent d'une bonne accommodation relative monoculaire; elle serait bien plus forte qu'on ne l'a démontré jusqu'ici. Il me semble résulter de cette circonstance que la correction dynamique de l'astigmatisme peut être expliquée par cette rotation, et par de simples changements rapidement successifs de courbure du cristallin sans qu'on doive recourir à la pro-

duction d'un astigmatisme du cristallin de sens opposé à celui de la cornée. Le degré effectuable de correction dynamique se trouve toujours être égal au degré d'accommodation relative (monoculaire) à la direction où se trouve l'œil. En tout cas, il ne me semble pas qu'on doive considérer comme stable et exacte la position attribuée aux méridiens principaux, puisque cette position varie par le fait même de l'accommodation.

Herr Berlin (Stuttgart) :

Ich möchte die Frage an Herrn von Helmholtz richten, ob hich ihn recht verstanden habe, dass er in der Linse objective Zeichen von Astigmatismus beobachtet hat; ich bin etwas entfernt gewesen.

Herr H. von Helmholtz (Berlin) :

Ich habe vorher Herrn Javal so verstanden, als ob er eine Rotation der Linse selbst annähme, deren Zustandekommen ich mir nicht vorstellen kann. Wen es sich nur um eine Rotation der Meridiane grösster und kleinster Accommodation handelt, lässt sich eine solche sehr wohl begreifen unter der Voraussetzung, dass Linse und Hornhaut beide astigmatisch sind, aber nicht parallele Stellung der Hauptmeridiane ihrer Krümmung haben; dann müssen die Meridiane des Astigmatismus der Netzhautbilder zwischen denen der Linse und Hornhaut liegen, und wenn der Astigmatismus der Linse schwächer wird müssen die Hauptmeridiane des Netzhautbildes denen der Horhaut näher rücken, also eine scheinbare Rotation ausführen. Es ist in der That wahrscheinlich, dass bei accommodativer Spannung der Linse der stärker gekrümmte Meridian derselben mehr abgeflacht wird, als der weniger gekrümmte.

Schluss der Sitzung 5 1/2 Uhr.

Discussion über den Vortrag des Herrn Dr. Javal: „Ueber Ophthalmométrie". Fortsetzung.

(*VI. Sitzung*, p. 305.)

Herr Javal (Paris):

Zu dem, was ich in der früheren Discussion gesagt habe, möchte ich noch Folgendes hinzufügen: Nachdem wir das Ophtalmometer fertig hatten, begaben wir uns in eine Schule, und im Laufe eines Nachmittags hatten wir mehr Augen ophtalmometrirt, als alle Collegen zusammen in 25 Jahren ophtalmometrit hatten. Seitdem habe ich während 7 Jahren alle meine Patienten ophtalmometrirt und die Resultate mit den subjectiven Messungen verglichen. Recht bald fand es sich, dass der compensirende Linsenastigmatismus in der Jugend viel häufiger vorhanden war und sich durch Atropin aufhebend liess. Der allgemeine Irrthum, nach dem die Linse in der Regel theilweise den Corneal-astigmatismus compensire, wird dadurch erklärt, dass mehrere der von Donders gemessenen Augen ganz jugendliche waren; in diesen Augen war die Compensation nur eine accommodative, Donders Messungen waren gut; der Schluss allein fällt weg.....

Herr Pflüger (Bern):

M. H.! Ich halte es für meine Pflicht, in dierser hochansehnlichen Versammlung Herrn Javal den Dank Derjenigen auszusprechen, welche seit dem internationalen medicinischen Congress in London den Vortheil und die Annehmlichkeit hatten, mit seinem Ophtalmometer täglich zu arbeiten. Mir persönlich wenigstens hat das Instrument grosse Dienste geleistet; es hat in meine Refractions-Bestimmungen grössere Sicherheit und Genauigkeit, sowie kostbare Zeitersparniss gebracht. Ich bin immer noch daran, meine früheren Refractions-Bestimmungen mit dem Instrument zu controliren und zu corrigiren, und wie hoch unser groser Alb. v. Graefe die Zeit geschätzt hat, das hat uns ja unser hochverehrter Herr Präsident wörtlich vorgetragen.

Durch den täglichen Umgang mit dem Instrument haben sich mir viele Fragen gelöst, welche den meisten der Anwesenden

noch offen zu stehen scheinen. Um nur auf diejenigen einzugehen, welche bereits in der Discussion berührt worden sind, die Zeit der corrigirenden astigmatischen Accommodation und der praktische Nutzen der Ophthalmometrie.

Nach beiden Richtungen haben wir die grösste Analogie mit der Hypermetropie.

Die corrigirende Accommodation tritt beim Astigmatismus wie bei der Hypermetropie ein im Moment der Fixation und spannt sich ab im Dunkel. Das aufrechte Bild lässt die totale Hypermetropie erkenenen so gut wie den totalen objectiven Astigmatismus, welch letzterer im Grossen und Ganzen gewöhnlich mit dem Hornhaut-Astigmatismus sich deckt.

Wie bei der Hypermetropie, so müssen wir auch beim Astigmatismus einen manifesten und einen latenten Theil unterscheiden, die sich zum totalen summiren und von denen jeder in weiten Grenzen variiren kann nach dem Grade der Anomalie, nach Alter und Gesundheistverhältnissen der Patienten.

In der Jugend kann ein niedriger Grad, 0,5 — 1,5 D, vollkommen facultativ sein und sich mit einer Sehschärfe von 1 — 1,5 verbinden. Mit zunehmenden Jahren wird immer ein grösserer Theil manifest, aber auch noch zwischen 50 — 60 Jahren bleibt häufig eine halbe Dioptrie latent. Bei hochgradiger Anämie kann vorübergehend ein Theil manifest werden, um bei Hebung der Kräfte wieder in's Latenzstadium überzugehen; ein schwacher Cylinder, der mit Behagen einige Zeit getragen worden ist, wird später als unangenehm wieder bei Seite gelegt.

Mittlere Grade von Astigmatismus, 1,5 — 3 D, bilden das Analogon zur relativen Hypermetropie; die Patienten suchen durch Accommodations-Ueberanstrengung die Anomalie zu decken, aber ohne eine normale Sehschärfe zu erreichen und auf Kosten von Asthenopie; Kopfschmerzen und gerunzelte Stirn fehlen nie oder höchst selten. Bei dem ersten Corrections-Versuch wird blos ein Cylinder von 0,5 — 1 D angenommen, die Sehschärfe etwas gehoben, nicht normalisirt, die Asthenopie verringert. Weiss ich nun durch Javal, dass 2,5 — 3 D Hornhaut-astigmatismus vorhanden sind, so

bestelle ich mir den Patienten regelmässig auf 3 Mona wieder und falls der Cylinder constant getragen worden ist, wird nach dieser Zeit eine grössere Correction angenomme und so gelangt man allmählich dahin, die latente Quote b auf 0,5 D zurückzudrängen bei constanter Hebung der Seh chärfe und des subjectiven Befindens des Patienten.

Die hochgradigen Astigmatiker 3 — 8 D verhalten sich w die absoluten Hypermetropen; sie nähern die Objecte w hochgradige Myope über Gebühr dem Auge und lesen ohn wesentliche Asthenopie mit grossen Netzhautbildern un relativ geringen Zerstreuungsbildern.

Bei subjectiver Prüfung mit schwachen Cylindern, 1 — 2 I reagiren solche Patienten oft gar nicht, so dass man in di Lage kommen kann, ganz von Cylindern abzusehen. Kenn man aber den Hornhaut-Astigmatismus und gibt gleich einen Cylinder, der 1 D hinter jenen zurückbleibt, so wird derselbe meistens sofort mit Dank angenommen und die Sehschärfe ganz erheblich gebessert, — nie aber auf 1.

Herr Sattler (Prag):

Ich möchte darauf aufmerksam machen, dass die Natur dieses accommodativen Linsenastigmatismus bei diphtheritischer Accommodationslähmung manchmal in besonders markanter Weise zu Tage tritt. Es ist bekannt, dass die nach Diphtheria faucium auftretende, oft sehr beträchtliche Herabsetzung der Sehschärfe, sofern sie durch sphärische Gläser nur unvollständig oder gar nicht corrigirt wird, leicht für Amblyopie imponiren kann. Misst man in solchen Fällen den Hornhautastigmatismus mit Javal's Ophthalmometer und setzt nun das betreffende Cylinderglas vor, so bekommt man nicht selten sofort eine normale oder übernormale Sehschärfe. Geht nun die Lähmung allmählich wieder zurück, so mus das Cylinderglas schwächer genommen werden, um dieselbe Sehschärfe zu erreichen und nach completer Heilung kann es vorkommen, dass bei normaler Sehschärfe Cylindergläser vollständig refusirt werden. Es handelt sich ja in solchen Fällen in der Regel um junge Individuen.

Herr Schön (Leipzig):

Ich freue mich, dass Herr Prof. Pflüger das bestätigt hat,

was ich im vorigen Jahre in Bezug auf den Astigmatismus in verschiedenen Lebensaltern gesagt habe. Nur einen Punkt möchte ich richtig stellen, wo ich nicht derselben Meinung bin. — Herr Prof. Pflüger hat gesagt, dass der umgekehrte Astigmatismus beim Glaukom sich einstellt bei Druckerhöhung. Das ist nach meiner Ansicht nicht der Fall. Die Wechselbeziehung zwischen beiden ist nicht so, dass der umgekehrte Astigmatismus abhängig ist von der Druckerhöhung, sondern es sind beides parallele Vorgänge, die von derselben Ursache abhängen.

Herr Pflüger (Bern):

Ich will meine Ansicht belegen. In dem letzten Fascikel des Graefe'schen Archivs können Sie eine Arbeit meines Assistenten, Dr. Eissen, lesen, worin der exacte experimentelle Beweis geliefert wird, dass bei künstlich erhöhtem intraoculärem Drucke ein normaler Astigmatismus allmählig, aber consequent in einen umgekehrten übergeht oder überzugehen strebt; dass der in der Horizontalen oder derselben nahe gelegene Meridian schwächster Krümung bei fortschreitender Druckerhöhung stetig von der Horizontalen sich entfernt und der Verticalen sich nähert.

Herr Javal (Paris):

Die Ansichten der beiden Vorredner sind nicht so entgegengesetzt, wie sie klingen. Ich glaube nämlich erstens, dass die Augen mit perversem Astigmatismus — und darin habe ich persönliche Erfahrung — eher dem Glaukom ausgesetzt sind, als andere, und zweitens, dass bei Druckerhöhung der Grad des perversen Astigmatismus noch rösser wird. Ueber diesen Gegenstand sind ganz gleichzeitig zwei bahnbrechende Arbeiten von Plafz (Königsberg) und Mar in (Bordeaux) erschienen.

XXXI

AN ANALYSIS OF THE REFRACTION

OF 576 HEALTHY HUMAN CORNEÆ

EXAMINED WITH THE OPHTHALMOMETER OF JAVAL AND SCHIÖTZ

by SWAN M. BURNETT, Washington, D. C.

(*Transactions of the American Ophthalmological Society*, 1888.)

The 576 eyes, an analysis of whose refraction is herewith presented, belonged to 301 persons whom I have examined in my private practice in a little over a year. They can, in no way, be regarded as selected cases since they are taken as they were recorded in my case book and represent very fairly, I think, the eyes that are brought to the oculist for examination. No eye was thus examined in which there was not some reason to suspect a refractive anomaly, and no eye is here recorded in which the cornea was not in healthy condition. Those corneæ which were changed by inflammation or trauma (including operation) are excluded and reserved for future consideration.

The refraction of the cornea as determined by Javal and Schiötz's ophthalmometer is expressed in dioptries and fractions. I think this is preferable to the use of the radius of corneal curvature, since to the majority, who are not professed

physiologists, the dioptry will convey a much more intelligible idea. We are all accustomed to the dioptry and it has a distinct and fixed value with us, whereas so many millimetres and hundredths of radius of curvature have a definite meaning to only a very limited number. For those however who may wish to know, for comparaison of other reasons, the value of dioptries in corneal radius, I subjoin a table of the radii of corneal curvature corresponding to the dioptries, caculated from the data given by Javal ie the construction of his instrument.

Dioptries.	Radius (*r*).	Dioptries.	Radius (*r*).
35	9.62mm	43	7.83mm
36	9.36	44	7.65
37	9.10	45	7.48
38	8.86	46	7.32
39	8.64	47	7.17
40	8.42	48	7.02
41	8.22	49	6.87
42	8.02	50	6.74

This table, it will be observed, differs from that published in Javal's first article in the *Ann. d'Ocul.*, Juill.-Août, 1881. There he took 1.35 as the index of refraction of the cornea, whereas it should be 1.337, and in the construction of his later instruments it has been so accepted by him, though he has not, I believe, published any table based on the new data.

Assuming then that these data are correct and that we can measure the refracting power of the cornea to within 0.25 D, we are able to distinguish a difference in radius of corneal curvature from 03mm to 06mm, which is quite accurate enough for ordinary practical purposes.

For the object for which these examinations were made I did not think it necessary to consider less values than 0.25 D. It is possible however to obtain by means of the instrument, with a good light and expenditure of sufficient time and care, values approximating 0.10 D.

The corneæ thus examined, have been classified as belonging to eyes that were found upon examination to belong to the category of emmetropia, myopia, hypermetropia, simple myo-

pic or hypermetropic astigmatism, compound myopic or hypermetropic astigmatism, or mixed astigmatism.

The corneal refraction was found to be the same, within 0.25 D, in both eyes, in 110 cases, and this irrespective of their general refractive condition.

The horizontal meridian (within 5°) was found to be the least refracting in 420 eyes astigmatism according to the rule).

The vertical meridian (within 5°) was the least refracting in 20 eyes (astigmatism contrary to the rule).

In the remaining 88 eyes the meridians were oblique.

In 58 eyes there was a difference in the two meridians of less than 0,25 D.

EMMETROPIA.

In 101 eyes emmetropia was found on an examination of the general refraction. The greatest refraction in the least refracting meridian of the cornea was 47 D (with a focus of 24.02 ^{mm} and a radius of 7.17 ^{mm}); the weakest refraction in this meridian was 39 D (with a focus of 25.64^{mm} and a radius of 8.64^{mm}), being a difference of 8 D. The largest number, 30, had a refraction in the least refracting, or common meridian of from 44 to 45 D (1), the next largest, 25, from 43 to 44 D; 20 had from 42 to 43 D. In all the cases of emmetropia the meridian of greatest refraction was the vertical. In those emmetropic eyes 70 in number, which had astigmatic corneæ, the difference in the refraction of the two corneal meridians ranged from 0.25 D to 1.25 D. Of these there was a difference of 1.25 D in three, a difference of 1 D in 1, of 0.75 D in 6, of 0.5 D in 20, and of 0.25 D in 41. In 31 eyes there was an astigmatism less than 0.25 D.

SIMPLE MYOPIA.

In 55 eyes there was simple myopia or with an astigmatism less than 0.25 D. The strongest of the least refracting or the common meridian was 47.25 D; the weakest was 39 D, a difference of 8.25 D. The least refracting cornea had a M = 11;

(1) With a radius of curvature of from 7.63^{mm} to 7.48^{mm}. The radius of normal cornea accepted by Reich and Stammeshaus is 7.829^{mm}, which would correspond closely to 43 D (7.83^{mm}).

the strongest refracting cornea had a M = 5. The highest degree of myopia determined was 12 D with a corneal refraction of 43 D. There was corneal astigmatism greater than 0.25 D present in all but 17 eyes. In these 38 astigmatic corneæ there was a difference of 1 D in the two meridians in 8 eyes, a difference of 1.25 D in one. In 6 eyes the axis of the corneal astigmatism was oblique, in the others it was horizontal or vertical.

SIMPLE HYPERMETROPIA.

Simple hypermetropia, or with an astigmatism less than 0.25 D, was found in 59 eyes.

The weakest least refracting or common meridian was 40.5 D (in two eyes with a determined H of 3 D and 1 D, respectively). The strongest refraction in this meridian was 46 D with a determined H = 2 D. The highest degree of H was 9 D with a corneal refraction of 43 D. In 6 eyes the cornea was non-astigmatic or astigmatic less than 0.25 D. In 4 eyes the corneal astigmatism amounted to 1 D. In one case only was the vertical meridian the weaker, by 0.25 D. In all the others the horizontal was the weaker meridian.

SIMPLE MYOPIC ASTIGMATISM.

Simple myopic astigmatism was found in 140 eyes. Of these 20 eyes had the vertical meridian weakest (contrary to the rule) and among these there was a corresponding corneal astigmatism against the rule in 9. In 66 eyes the horizontal meridian was the weakest, in the others (54) it was oblique.

In 4 eyes the general astigmatism was greater than the corneal. In 11 it was less.

The greatest corneal astigmatism was 7 D with a general astigmatism of 4 D, axis the same in both. The greatest general astigmatism was 6 D with a corneal astigmatism of 3 D, and a difference in axis of 40°.

In 14 eyes the difference in axis of the corneal astigmatism and the prescribed glasses was greater than 5°.

The weakest meridian of least refraction was 39 D, the strongest meridian of least refraction was 47 D.

SIMPLE HYPERMETROPIC ASTIGMATISM.

In 96 eyes there was simple hypermetropic astigmatism.

In 2 eyes the corneal astigmatism was less than the general. In 4 eyes it was greater. In 58 eyes the astigmatism was according to the rule, and in 11 it was against it. Among these latter, the corneal astigmatism was the same as the general in 2 cases, it was the opposite in 4, and in 5 there was no corneal astigmatism. The greatest astigmatism was 6 D, with a corresponding corneal astigmatism, and a corneal refraction of 43 D in the weakest meridian (horizontal). The axis of the corneal astigmatism and of the prescribed glasses corresponded, to within 5° in all but 9 cases.

COMPOUND MYOPIC ASTIGMATISM.

There was compound myopic astigmatism in 63 eyes.

The highest astigmatism was 3.5 D, with an average of less than 1 D. In 20 eyes it was determined by glasses to be according to the rule, in 10 contrary to the rule. 27 corneæ had an astigmatism according to the rule, 4 contrary to the rule, and 7 had an astigmatism less than 0.25 D. In all but 7 eyes the corneal and general astigmatism corresponded to within 0.5 D, and in the 10 eyes with astigmatism against the rule there was a corresponding corneal astigmatism against the rule in 5.

In 44 eyes the corneal and general meridians were the same to within 5°. The weakest corneal meridian was 38.5 D at 45°, with $M = 8 \bigcirc - 1.45°$. The strongest weak meridian was 46.5 D with $M = 1 \bigcirc - 1.\ 90°$.

COMPOUND HYPERMETROPIC ASTIGMATISM.

Fifty-five eyes were affected with compound hypermetropic astigmatism.

The weakest corneal meridian was 35 D, 75°, 165°.38 D, with $H = 1.25 \bigcirc + 3.5\ 90°$. The highest corneal refraction at horizontal meridian (180°) was 47 D, 90°, 47.75 with $H = 1.5 \bigcirc + 0.5\ 180°$.

The highest degree of general astigmatism was 5 D, with cor-

neal refraction of 180°, 41 D, 90°, 41 3/4 D. The highest degree of corneal astigmatism was 3 D (in three cases) with a general astigmatism corresponding in degree and axis.

In 31 eyes the corneal and general astigmatic meridians corresponded to within 5°. Corneal and general astigmatism corresponded in all but 4 eyes, in 2 of which the corneal astigmatism was in excess.

In 37 eyes the corneal astigmatism was according to the rule, 4 against the rule, and one had no corneal astigmatism.

In 24 eyes the general astigmatism was according to the rule, in 4 it was against and in two of these latter the corneal was also against it.

MIXED ASTIGMATISM.

There were 8 eyes affected with mixed astigmatism.

The highest degree of astigmatism was 6 D, hypermetropic refraction predominating. In 4 cases the astigmatism was according to the rule; in none, against. The weakest refraction in the weak meridian was 38.75 D, 180°, 44.75, 90°, with a general refraction — 1 180° ⌒ + 5 90°; the strongest weak meridian was 44 D, 75°, 46 1/4, 165°, with correction of + 1 ⌒ 2.5 155°. The corneal and general astigmatism corresponded to within 0.5 D in 4 cases. The corneal was less than the general astigmatism in 2, greater in 1. The corneal and general astigmatic meridians corresponded to within 5° in 5 eyes.

In 42 eyes the general astigmatism was against the rule, with a corresponding corneal astigmatism against the rule in 18 eyes. Of the 576 eyes examined, 182 belonged to the female *sex* and 119 to the male. The *ages* ranged from 6 to 65 years.

In one girl of 6 years the weakest corneal meridian was 105°, 43 D, 15°, 45.5 D, with a correcting glass of + 3.5 90°. In one of 8 years 180°, 48 D, 90°, 49 D, emmetropia was found. In the two of 65 years one had 180°, 43.75 D, 90°, 45 D, with M = 6 D; the other had 180°, 42 D, 90°, 44 3/4 with + 1.5 90° as the correcting glass.

A MYDRIATIC,

it is noted, was used in 62 eyes. In these the astigmatism, as determined by glasses, coincided with the corneal astigmatism,

to within 0.5 D, in all but 19 eyes. In these 19, the corneal astigmatism was the greater in 11, and the less in 8.

In 13 eyes the axis of the corneal astigmatism and of the prescribed glasses did not correspond by 5°.

It should be stated that these differences, in excess of what we found in eyes whose accommodation had not been paralyzed, cannot be considered as due solely to the effec of the mydriatic. The mydriatic was used only in cases where there was such a discrepancy in the findings by the various methods of examination—the ophthalmoscope, skiascopy, glasses, and the keratometer — as to lead to a suspicion of a lenticular astigmatism. Where the results of all or of a majority of the methods agreed substantially, a mydriatic was not used, or was deferred until the glasses ordered had been tried.

REMARKS.

It will be seen from the above analysis, in the first place, that the corneal is by no means an index to the general refraction of the eye. In myopia it may be weak and in hypermetropia it may be strong; in fact, the refraction of the cornea may vary as much as 8 D in the same general refractive condition. This goes to substantiate the belief that has been held for a long time that in the vast majority of cases, ametropia is due to an alteration in the antero-posterior axis of the eye rather than to any deviation from an assumed standard of refraction in its optical apparatus.

Even in emmetropia the cornea has no standard uniform refraction. It varies from 39 D to 47 D, the average ranging from 43 D to 45 D.

On the other hand, the general astigmatism is, as a rule, expressed by the corneal, both as to its degree and the direction of the faulty meridian.

In 462 eyes affected with astigmatism of various degrees and forms, in only 36 did the corneal and general astigmatism differ by more than 0.5 D; while the axis of the faulty meridian and of the prescribed glasses corresponded to within 5° in all but 69 eyes.

There can be no doubt, however, regarding the existence of

an astigmatism not corneal. This is shown not only by these cases, but also by those of emmetropia, hypermetropia, and myopia, in which there was a corneal astigmatism, and which must have been neutralized by an astigmatism of some other portion of the optical apparatus of the same degree but opposite character. This astigmatism has usually been referred to the lens, and has been deemed to depend upon a partial contraction of the ciliary muscle. In a number of instances this would seem to be true, but our statistics show that after the influence of the ciliary muscle has been eliminated by the action of a mydriatic there still remains a discrepancy between the corneal and general astigmatism in quite a number of cases. This, I think can be referred most properly to an oblique position of the lens. This, as is well known, was the original cause of astigmatism assigned by Young, and I believe it is a much more frequent factor in the production of lenticular astigmatism than we have been wont to think it. It will be observed, also, that but few corneæ are devoid of some amount of astigmatism. In only 68 out of the 576 was there no astigmatism or an astigmatism less than 0.25 D. It is also to be noted that corneal astigmatism is nearly always according to the rule — the vertical being the stronger meridian. In all the astigmatic corneæ the vertical meridian was the least refracting in 20, while in 440 it was according to the rule. It will be noticed, too, that in those cases of general astigmatism against the rule, in about one-half there was no corresponding corneal astigmatism against the rule. This would appear to substantiate Javal's dictum that astigmatism according to the rule is mainly corneal, while astigmatism against the rule is more apt to be lenticular. The other portion of this dictum, that the obliquity of the general astigmatic meridian is due to a decentering of the lens and cornea, I have not verified by any measurements of my own. The explanation, however, is a very plausible one.

In this same connection it may be of some interest to note that simple astigmatism preponderates quite largely over the compound forms and that the highest degrees of astigmatism are also found in the simple forms. Simple myopic astigmatism particularly is largely in excess of the compound form, and

the average degree of astigmatism is much higher. These facts, it seems to me, should raise a doubt as to the importance that has been attached in some quarters to astigmatism as a factor in the development of myopia. If astigmatism were at all prominent in the production of myopia we should expect to find compound myopic astigmatism very greatly predominating over simple myopia. As a matter of fact, however, we find 55 cases of simple myopia to 63 of compound myopic astigmatism.

It further appears from a study of these statistics that astigmatism is, in the vast majority of cases, corneal, and this being so it is most important that we be able to determine it readily and accurately. My experience with the instrument of Javal and Schiötz leads me to believe that in that ingeniously constructed apparatus we have a mean by which this very desirable end can be accomplished with the least possible expenditure of time.

DISCUSSION.

Dr. Carl Koller, New York. — Dr. Burnett stated that the refraction of the cornea had nothing to do with the refraction of the eye. I can confirm this. I have used this instrument and have measured many eyes with that of Helmholtz. I might use an illustration of Javal, that a mouse and an elephant may have the same refraction. We may have large eyes and small eyes but the refraction depends entirely upon the relation of the axis to the radius of curvature.

Dr. Henry D. Noyes, New York. — I have used the ophthalmometer of Javal and Schiötz wtih great satisfaction. I have, however, not preserved such data as Dr. Burnett has given us. It has been my babit to employ the ophthalmometer in every case where it was necessary to inquire into the state of the refraction. In a general way, I may say as follows : that the evidence of the ophthalmometer without the use of atropine has in the immense majority of cases corresponded with the evidence of the trial case. You obtain the amount of astigmatism and in a general way the axis of astigmatism. I say in a general way because sometimes discrepancies have arisen. Seldom

have they been great, but sometimes they have amounted to as much as 15° or 20°.

Another thing that I have noticed in regard to the axis is that once in awhile the meridian of greater and less ametropia have not been at right angles. This would suggest cornical cornea, but there was nothing of this kind to be seen by other methods. One meridian may be at 85° and the other at 145°. When you discover that there is this abnormal irregularity in the cornea, you naturally conclude that you cannot bring the vision up to the normal point. If you get this with the ophthalmometer, it saves a large amount of labor in fitting glasses in the attempt to make V = 1.

It has also seemed to me that mixed astigmatism is more common than is usually imagined. After obtaining the sum-total of the astigmatism in the cornea, I have found it my business to make up that astigmatism with the trial glasses, but I have often not succeeded until I assumed that the astigmatism was of the mixed variety. That I would get without resorting to the use of atropine. The difference in the meridian would not be great, rarely more than 1 D, it may be 0.75 D. I have learnead to look for mixed astigmatism and to correct it more frequently since using this instrument than formerly.

Another circumstance that has arrested my attention is the influence of the eye-lids upon the curvature of the cornea. I have found the refraction to vary while the eye was under observation. Therefore if the vertical meridian has not continued to show the same refraction, I have asked an assistant to elevate the upper lid, and I have then obtained a fixed result.

I have also satisfied myself that the tension of the eye muscles in some instances modifies the curvature of the cornea. This accounts for the fact that we obtain such variable results when we test with glasses. We have ascribed this to varying conditions of accommodation. It is probably also due to the pressure of the lids and of the motor muscles.

The corneal astigmatism does not always correspond to the total astigmatism. If there is a marked discrepancy, I resort to

atropine, but as a matter of fact, I use atropine much less frequently than formerly.

Another thing that I have noticed is that occasionally there is a pulsation of the corneal reflex. In other words, I have sometimes seen patients whose cornea was so thin that the circulation of the eye impressed itself upon the structure of the cornea itself. This, however, has been a rare occurrence, and has been seen more particularly in cases of conical cornea. With the ophthalmometer any variation in the cornea is at once manifest.

This is an extremely practical and valuable instrument. It saves an immense amount of time and when one has learned to use it, gives very little trouble. I now scarcely know how to do without it. The examination with it is much more rapid and satisfactory than under former methods.

There is another point. After getting the total amount of astigmatism, the proper cylindrical glasses can be put behind the ophthalmoscope; then the suitable spherical correction is made, and you can then determine with extremely close approximation the condition of refraction of the patient's eye. You then verify with the trial case the results obtained.

Dr. Samuel Theobald, Baltimore. — Dr. Burnett, in speaking of the cause of the discrepancy between the total astigmatism of the eye and that obtained by measuring the cornea, seemed to think that when a mydriatic is used the lenticular astigmatism is done away with. My experience does not agree with this. I am disposed to think that the asymetrical form into which the lens is brought by the action of the ciliary muscle does not disappear at once when the muscle is paralyzed. I think that these cases of discrepancy between the total and the corneal astigmatism may be accounted for by this persistent asymetrical condition of the lens, which condition does not disappear until after astigmatic glasses have been worn for some time. Since my attention was called lo this matter several years ago by Dr. Randall, I have been more and more impressed with the correctness of this view.

Dr. Carl Koller, New York. — After measuring many eyes I can state that in the great majority of cases the corneal as-

tigmatism of presbyopic eyes and of atropinized eyes agrees almost exactly with the total astigmatism, while the corneal astigmatism of juvenile eyes does not agree with the total astigmatism but is larger than this. It seems to me that we may employ the term latent astigmatism. Just as through the action of the accommodation, hypermetropia becomes latent, so it is with astigmatism. You find that the astigmatism for near vision is not the same as for distant vision. In individuals over 45 years of age, the corneal astigmatism agrees very well with the total astigmatism.

I have endeavored to find the explanation of those cases to which Dr. Noyes has referred where the axes do not include a right angle. I have found these cases where the angle includes but 70°. I think that it is due to a large angle α. When the axis of vision does not pass through the center of the cornea, but through its periphery, we can not expect anything different.

Dr. B. Alex. Randall, Philadelphia. — I can confirm Dr. Burnett's view that obliquity of the lens is sometimes responsible for a considerable degree of astigmatism. I may remind the Society of a case which I reported two years ago, of rupture of the choroid with slight dislocation of the lens. The oblique position of the lens was recognizable through the iris. There was a corresponding myopic astigmatism of 5 D or 6 D, which disappeared completely with the recovery of the normal movements of the pupil and of accommodation, both of which returned almost completely.

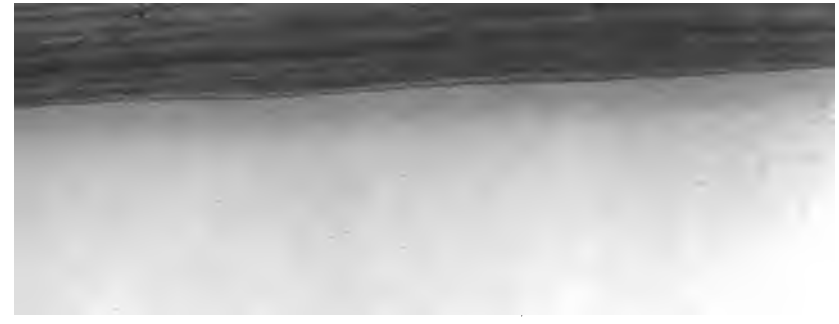
From what experience I have had I cannot agree with Dr. Burnett in reference to the predominance of simple astigmatism. At the University Eye Clinic, where in the last ten years we have had about 4,000 refractive cases, determined almost without exception under a mydriatic, the results have been that compound hypermetropic astigmatism constituded nearly 30 0/0 of all the cases, that compound myopic astigmatism embraced 20 0/0, simple myopic and hypermetropic astigmatism about 8 0/0 and 12 0/0 respectively, and mixed astigmatism about 1 0/0 or 20/0. The cases of compound astigmatism constituded at least 50 0/0 of all the refraction work.

Dr. Swan M. Burnett, Washington. — I can corroborate the observations referred to by Dr. Noyes as showing the influence of the lids on the cornea. I was astonished when I first discovered this. I tried to refer the effect to several other things but was finally forced to the conclusion that it was the lids that had made the difference. The appearance of the white bands would alter as much as 0.5 D through the action of the lids. I also thought that I observed in the horizontal meridian, alterations that could be due to strain of the lateral muscles. I think that there can be no question that the pressure of the lids does exercise an influence, and I think that it to a certain extent goes to show that the original cause of the astigmatism may be lid pressure.

In speaking of lenticular astigmatism, I tried to be as guarded in my statements as possible. I credited the greater part of it to partial action of the ciliary muscle, but I believe that there are grounds for supposing that there may be lenticular astigmatism other than that due to partial action of the ciliary muscle. If you find lenticular astigmatism in persons 45 to 50 years of age, particularly if the ciliary muscle as been paralyzed, you must conclude that there is an obliquity of the lens. It has been found by Javal and others that this partial action of the ciliary muscle which is undoubtedly often present in youth, disappears with age and therefore in persons over 45 years of age, with lenticular astigmatism, we can pretty certainly exclude any such partial action of the ciliary muscle.

Dr. Henry D. Noyes, New York. — That lenticular astigmatism may be due to an irregular contraction of the ciliary muscle is not a new observation, but dates back more than fifteen years to Dobrowolski and Woinow. Within the last five years it has been again brought forward and referred to as a new discovery.

There is another point, and that is that the astigmatism that is found in incipient cataract is necessarily in the lens and is due to more or less irregular sclerosis of the lens. We find astigmatism in these cases quite frequently.



XXXII

NOTE

SUR LA FRÉQUENCE DE L'ASTIGMATISME CHEZ LES ÉPILEPTIQUES

par CH. FÉRÉ et L. VIGNES

(*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 24 nov. 1888.)

En faisant des recherches sur la variation que présentent les artères du fond de l'œil pendant l'accès épileptique, nous avons été frappés d'observer qu'un grand nombre des sujets examinés étaient astigmates. Cette observation nous a donné l'idée de rechercher si ce défaut de réfraction est plus fréquent chez ces malades que chez les sujets normaux. Nous avons examiné tous les malades du service. Nous avons pratiqué nos examens à l'aide de l'astigmomètre enregistreur de Wecker et Masselon, et nous avons contrôlé nos résultats à l'aide de l'ophtalmoscope à réfraction de Morton.

Il semble que cette déformation n'est qu'un fait particulier parmi les nombreuses déformations qui se rencontrent chez les épileptiques, et elle existe le plus souvent du même côté que les autres déformations. Ainsi, sur cent épileptiques qui présentent d'autres déformations, nous en trouvons 72.32 astigmates. — Le plus souvent, les autres déformations se rencontrent du même côté que l'astigmatisme unilatéral ou que

l'astigmatisme prédominant. Ce fait peut s'exprimer par les proportions suivantes : sur cent cas d'astigmatisme unilatéral droit ou prédominant à droite, 67.24 ont des déformations unilatérales du même côté; sur cent cas d'astigmatisme gauche ou prédominant à gauche, 65,71 ont des déformations unilatérales de ce même côté.

Le tableau suivant montre la fréquence absolue de l'astigmatisme chez les épileptiques :

STATISTIQUE DE L'ASTIGMATISME CHEZ LES ÉPILEPTIQUES

NOMBRE DES SUJETS						Avec déformations unilatérales.	Sans déformations unilatérales	
							A droite.	A g
Sans astigmatisme.	30					24	»	
Avec astigmatisme.	112	bilatéral..	59	égal des deux côtés.....	19	8	5	
				prédominant à droite.....	22	4	15	
				prédominant à gauche.....	18	8	»	
		unilatéral.	53	à droite.....	36	8	23	
				à gauche.....	17	3	1	
	112		112		112	53	43	
							89	
						142		

XXXIII

ÉTUDE SUR LA POSITION DU CRISTALLIN DE L'ŒIL HUMAIN

Par M. TSCHERNING

(*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 16 avril 1888.)

Lorsqu'on examine l'œil humain au moyen d'une source lumineuse assez forte, on aperçoit trois images catoptriques, connues sous le nom *d'images de Sanson* ou *de Purkinje*.

L'une de ces images, plus brillante que les deux autres, est due à la surface antérieure de la cornée; la deuxième, plus grande, mais aussi plus diffuse que les deux autres, est due à la réflexion de la surface antérieure du cristallin; la troisième, plus petite, est produite par la réflexion de la surface postérieure du cristallin.

L'étude de ces images a une grande importance pour la physiologie de l'œil; si on l'a un peu négligée, depuis les travaux importants de Cramer et de Helmholtz, cela tient surtout à la difficulté qu'il y a de trouver une source lumineuse suffisante et d'un emploi commode.

Suivant le conseil de M. Javal, je me suis servi de petites lampes électriques, qui, munies d'un miroir réfléchissant et d'une lentille convergente, donnent des images très distinctes.

Si l'on considère les trois surfaces dont il s'agit comme sphériques, ce qui n'est en réalité qu'une première approxi-

mation, on peut se figurer une ligne droite passant par les centres de courbure des deux surfaces du cristallin. Nous appellerons cette ligne droite l'*axe du cristallin*. La question que nous posons est si cet axe coïncide avec la ligne visuelle.

Supposons l'axe du cristallin prolongé en dehors de l'œil et une source lumineuse placée sur ce prolongement; les deux images cristalliniennes se formeraient alors sur l'axe même (1) et, si l'on regardait l'œil au moyen d'une lunette dont l'axe coïnciderait avec cette ligne, on verrait les deux images cristalliniennes au milieu du champ de la lunette. Un tel arrangement rencontrerait cependant des difficultés pratiques. C'est pourquoi j'ai eu recours au moyen suivant : sur l'arc de l'ophtalmomètre de Javal et Schiötz placé verticalement, je fixai deux lampes, l'une au-dessus et l'autre au-dessous de la lunette de l'instrument. J'enlevai le prisme biréfringent, de façon que l'instrument ne fonctionnât que comme une simple lunette, à travers laquelle j'observai l'œil du sujet, qui fixait constamment un point donné. Je déplaçai la lunette horizontalement, jusqu'à ce que les quatre images cristalliniennes se trouvassent toutes sur le diamètre vertical de la pupille. Ce résultat obtenu, l'axe de la lunette se trouvait dans le même plan vertical que l'axe du cristallin. Puis je donnai à l'arc une position horizontale et déplaçai l'instrument verticalement, jusqu'à ce que les quatre images fussent sur le diamètre horizontal de la pupille. L'axe de la lunette se trouvait alors à la fois dans le même plan horizontal et dans le même plan vertical que l'axe du cristallin et coïncidait, par conséquent, avec celui-ci.

En effet, en tournant l'arc, quelque position qu'on lui donnât, les quatre images se trouvaient toujours sur un même diamètre de la pupille.

Il restait alors à mesurer : 1° l'angle formé par l'axe de la lunette et par la ligne visuelle de l'observé, et 2° l'angle que le plan passant par ces deux lignes formait avec un plan déterminé, par exemple un plan vertical passant par la ligne visuelle.

En pratique, on peut se contenter d'une seule lampe et l'on

(1) Ceci ne serait véritablement vrai que si l'axe du cristallin passait par le centre de la cornée, ce qui en général n'a pas lieu; mais, comme la déviation n'est que très faible, on peut la négliger.

peut substituer au déplacement de l'instrument des changements de direction du regard de l'observé, l'erreur que l'on commet ainsi étant négligeable.

Il résulte des observations que j'ai faites de cette manière sur un certain nombre de personnes que, sauf de rares exceptions, l'axe du cristallin ne coïncide jamais avec la ligne visuelle. La déviation principale est telle qu'elle serait si le cristallin avait subi une rotation autour d'un axe vertical, le côté externe en arrière. Dans les yeux que j'ai examinés, cette déviation varie entre 3° et 7°.

Mais, souvent, l'axe du cristallin ne se trouve pas non plus dans le même plan horizontal que la ligne visuelle, comme si le cristallin avait subi une rotation autour d'un axe horizontal et transversal. Le plus souvent, c'est la partie supérieure qui est penchée en avant. Cette déviation est plus petite que la précédente. Dans les yeux examinés jusqu'à présent, elle varie entre 0° et 3°.

Sans vouloir trop entrer dans la théorie des lentilles placées obliquement, on peut dire qu'elles ont un effet qui se rapproche de celui produit par la combinaison d'une lentille sphérique placée perpendiculairement à l'axe du pinceau lumineux avec une lentille cylindrique. La première des déviations du cristallin a pour effet de donner à l'œil un faible degré d'astigmatisme « contre la règle », le méridien le plus réfringent étant horizontal. Mais, d'autre part, l'astigmatisme de la cornée étant, comme règle, de nature contraire, ces deux se compensent en partie. Ces observations expliquent un fait, remarqué souvent par M. Javal, à savoir que l'astigmatisme total est plus petit que celui de la cornée (1), lorsque celui-ci est « selon la règle », le méridien vertical étant le plus courbé, tandis que le contraire a lieu si l'astigmatisme cornéen va dans le sens contraire.

Lorsque la deuxième déviation du cristallin est plus prononcée, elle a pour effet de changer la position du méridien le plus réfringent, qui devient oblique.

(1) [Dans les cas d'astigmatisme faible].

XXXIV

LE CENTRAGE DE L'ŒIL HUMAIN

Par M. TSCHERNING

(*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 11 juin 1888.)

Nous supposons que les trois surfaces réfringentes de l'œil, la cornée, la surface antérieure et la surface postérieure du cristallin soient sphériques. Nous dirons que ces surfaces sont centrées, si leur centre se trouve sur une ligne droite. Nous appelons *axe du cristallin* une ligne passant par les deux centres de courbures de ces surfaces et nous prenons comme mesure de la décentration de l'œil l'angle que forme avec cet axe le rayon de la cornée allant au point où l'axe du cristallin vient couper la cornée.

Cet angle peut être mesuré d'après le raisonnement suivant :

Supposons que nous regardions l'œil à travers une lunette, sur l'axe de laquelle est placé un point lumineux, et qu'on ait fait coïncider l'axe de la lunette avec l'axe du cristallin. Dans cette position, les deux images cristalliniennes, formées par le point lumineux, se couvrent au milieu du champ de la lunette, tandis que l'image cornéenne, l'œil n'étant pas centré, ne coïncide pas avec les deux autres. On promène alors un autre point lumineux jusqu'à ce que son image cornéenne coïncide avec les images cristalliniennes de la première. Dans cette position, la distance angulaire entre les deux points lumineux est le double de l'angle cherché.

XXXV

RECHERCHES

SUR

L'INFLUENCE EXERCÉE PAR LES MUSCLES DE L'ŒIL

SUR LA FORME NORMALE DE LA CORNÉE HUMAINE

Par le Dr C.-J.-A. LEROY (1)

Médecin-major au 6e régiment de cuirassiers.

(*Archives de Physiologie*, 1er janv. 1889.)

Rappelons d'abord, en quelques mots, en quoi consiste l'ophtalmomètre Leroy et Dubois qui a servi à ces recherches. Il se compose essentiellement d'une lunette réglée pour courte distance, portant une règle transversale graduée, fixée au corps de la lunette, et une boîte cubique, adaptée au-devant de l'objectif et contenant deux lames de verres épaisses à faces planes et parallèles. La lunette, portée sur un pied, peut s'éle-

(1) Il y a deux ans, mon ami, le Dr R. Dubois, me proposait de faire en commun avec lui une série de recherches sur la forme de la cornée et sur les relations qui peuvent exister entre cette forme et les annexes de l'œil, et notamment les muscles moteurs du globe. Pour ne parler que de ces derniers, nous supposions que des vivisections mettraient en relief des variations de courbure, mais nous présumions que celles-ci ne pourraient être décelées qu'à l'aide d'instruments de mesure précis. Il nous fallait donc un ophtalmomètre qui fût à la fois précis et d'un maniement rapide et facile; de plus, comme ces recherches devaient comprendre des types plus ou moins éloignés dans la série animale, il fallait que cet

On obtient ainsi, en d'autres termes, la longueur focale principale antérieure de l'arc considéré exprimée en dioptries.

Si la courbure de la cornée devient notablement plus forte que celle de la cornée humaine normale, on est amené à éloigner les mires plus que ne le permettent les dimensions de la règle. On tourne alors simplement la difficulté en diminuant le dédoublement des plaques; si en même temps on détermine le coefficient par lequel il faut multiplier les divisions de la règle, on opèrera avec la même facilité sur les cornées de ce type que sur les cornées humaines. Si le type à étudier a une courbure notablement plus faible que la cornée humaine, on procède de même, à cette différence près qu'il faut augmenter le dédoublement (1).

La courbure des cornées qui m'ont fourni les éléments de ce travail a été prise en cinq points différents :

1° Au centre;

2° Aux quatre points situés de part et d'autre du centre, le long des méridiens horizontal et vertical et à une distance angulaire de 19°.

En chacun de ces points, je mesurais la courbure de deux arcs orientés à 0° à 90° par rapport à l'horizon, soit 10 courbures par cornée. Les courbures au centre s'obtenaient en invitant le sujet à regarder dans la lunette même ; tandis que les courbures des points excentriques s'obtenaient en invitant le sujet à fixer le bord d'une des mires, fixée sur la règle à la distance angulaire voulue, et en s'aidant, quand il y avait lieu, d'un repère choisi sur le mur du fond de la salle.

La graduation de la règle permettait d'obtenir le 1/10 de dioptrie; d'ailleurs, le maniement de l'instrument est tellement simple, qu'un quart d'heure en moyenne m'a suffi pour mesurer et noter les deux cornées de chacun de mes sujets (15 minutes pour prendre et noter 20 courbures).

Le nombre des sujets qui m'ont fourni les observations est de 15; ils jouissaient tous d'une vision parfaite; j'avais eu

(1) Pour plus de détails au sujet de la théorie, de la graduation et du mode d'emploi, voy. Leroy et Dubois, Un nouvel ophtalmomètre pratique (*Rev. gén. d'ophtalmologie*, t. VIII, 1888, p. 49-62).

[Voy. également : Méthode pour déterminer par l'ophtalmomètre l'As. cornéen, par C.-J.-A. Leroy, *Rev. gén. d'ophtalmologie*, 1888.]

soin, d'ailleurs, d'éliminer de mes observations tout sujet dont l'astigmatisme cornéen central dépassait une demi-dioptrie, ne fût-ce que sur un seul œil.

Voici, d'ailleurs, par nombre des yeux compris dans mes relevés, la répartition et la valeur de l'astigmatisme central :

Astigmatisme nul		20
—	de 0,01 à 0,2	5
—	de 0,2 à 0,3	1
—	de 0,3 à 0,4	3
—	de 0,4 à 0,5	2
	TOTAL	31

D'autre part, tous mes sujets, cuirassiers de mon régiment, réunissaient toutes les qualités désirables pour constituer des éléments comparables au point de vue du sexe, de l'âge, de la taille, de la condition sociale et de la profession. La qualité des observations, non moins que leur nombre (30 yeux), assure donc à leur moyenne une haute valeur.

TABLEAU I. — CORNÉE NORMALE MOYENNE.

ŒIL.	ARC	NASAL 19°.	CENTRE	TEMPORAL 19°.	SUPÉRIEUR 19°.	INFÉRIEUR 19°.	VALEUR de l'unité.
Droit.	0°	—0,048	1,000	—0,013	—0,009	—0,020	1 = 42,65 D.
	90°	—0,022	—0,000	—0,004	—0,027	—0,026	
Réfr. moy...		—0,033	1,000	—0,008	—0,018	—0,023	
Gauche	0°	—0,047	1,000	—0,012	—0,009	—0,011	1 = 42,81 D.
	90°	—0,027	—0,000	—0,005	—0,027	—0,018	
Réfr. moy...		—0,037	1,000	—0,008	—0,018	—0,014	

NOTA. — Dans la colonne arc, on indique l'orientation absolue par rapport à l'horizon de l'arc dont la situation sur l'étendue de la cornée est indiquée par les têtes des colonnes qui suivent.
La ligne réfraction moyenne indique la courbure ou réfraction moyenne de la cornée en chacun des points explorés.

Cette moyenne, qui est exprimée dans le tableau I, a été d'ailleurs obtenue de la manière suivante : Dans chaque œil,

j'ai pris comme unité la réfraction centrale horizontale et toutes les autres réfractions ont été exprimées en fonction de cette unité; les nombres ainsi obtenus ont été totalisés pour fournir les moyennes qui figurent au tableau.

Ce tableau montre que :

1° La courbure $\left(\frac{1}{r}\right)$ de la section horizontale moyenne de la cornée diminue du centre à la périphérie et diminue environ quatre fois plus vite du côté nasal que du côté temporal;

2° La courbure de la section verticale moyenne de la cornée diminue du centre à la périphérie et à peu près autant dans la moitié supérieure que dans la moitié inférieure;

3° Si l'on considère le long de la section horizontale les variations de la courbure perpendiculairement à cette section, on voit qu'elles diminuent encore du centre à la périphérie et cinq fois plus vite environ du côté nasal que du côté temporal;

4° De plus, si en chaque point de la section horizontale, on compare les variations des courbures verticales à celles des courbures horizontales, on voit que les premières sont moins grandes en valeur absolue, soit 1/2 du côté nasal, et 1/3 du côté temporal.

De même le long de la section verticale, les courbures transverses diminuent du centre à la périphérie et diminuent notablement moins vite que leurs congénères parallèles à la section.

5° La moyenne des variations 0° et 90° prises en chaque point donne la variation de la *courbure moyenne* de la surface en ce point. On voit que la courbure moyenne de la cornée diminue d'une manière générale du centre à la périphérie, mais que cette diminution est variable dans les différents azimuths. En prenant la diminution temporale comme unité, les diminutions verticales supérieure et inférieure seraient égales à 2 chacune, tandis que la diminution nasale est égale à 4.

Nous résumerons brièvement l'ensemble de ces conclusions dans les termes suivants :

La forme type de la cornée normale est celle d'une sphère élastique qui aurait été aplatie à l'équateur très peu du côté

temporal, deux fois plus verticalement en haut et en bas et quatre fois plus du côté nasal.

I. — Ces faits éclairent d'un jour nouveau la morphologie de la cornée; tout d'abord, cette surface a été assimilée à une sphère; puis à la suite de mensurations plus précises, on a reconnu que sa forme était plutôt celle d'un ellipsoïde de révolution, cet ellipsoïde se transformant en un ellipsoïde à trois axes dans le cas d'astigmatisme. En réalité, les mensurations dont je viens de fournir le résultat conduisent à une représentation différente. La cornée *normale* n'est ni une sphère ni un ellipsoïde de révolution, ni un ellipsoïde à trois axes. De ces trois surfaces, celle dont elle s'écarte le moins est l'ellipsoïde à trois axes à condition de supposer que celui-ci a été aplati du côté nasal.

La loi de continuité fait admettre que cette asymétrie doit se poursuivre jusqu'au centre même de la cornée normale, mais en fait dans ce que nous appelons les cornées normales, non astigmates, cette asymétrie du centre échappe à tous nos moyens d'investigation actuels. Cette insuffisance de nos moyens d'investigation est la seule cause de cette symétrie centrale qui caractérise jusqu'alors la cornée non astigmate ou normale.

Le terrain que j'ai exploré n'est pas absolument vierge d'investigations antérieures. Il y a quelques années, Aubert (1) faisant des recherches pour savoir jusqu'à quel point on est autorisé à assimiler une section de la cornée à une ellipse, a mesuré avec beaucoup de soin et en plusieurs points les courbures de la section horizontale, et il a parfaitement signalé l'aplatissement nasal prédominant par rapport à l'aplatissement temporal; mais ses mesures ont été limitées exclusivement à la section horizontale; aucune mesure n'a été faite dans la section verticale, et même le long de la section horizontale aucune mesure n'a été prise dans la direction perpendiculaire. Enfin, ces mesures ont porté sur les yeux de quatre personnes seulement : Aubert, Mathiessen, Zehender et Westien et nous ne savons même pas si ces cornées étaient ou non

(1) Aubert, Nähert sich am meisten die Hornhautkrümmung der Ellipse (*Archiv de Pflüger*).

exemptes d'astigmatisme. Le fait signalé par Aubert présente donc relativement au problème que je poursuis l'intérêt d'un point de croisement nécessaire de deux routes différentes.

II. — J'ai dit que l'aplatissement vertical était symétrique, tandis que l'aplatissement transversal de la cornée est asymétrique; il résulte de là cette conséquence que lorsqu'on assimilait la cornée à un ellipsoïde de révolution, le sommet de cet ellipsoïde devait nécessairement se trouver dans la section horizontale moyenne (à cause de la symétrie de l'aplatissement vertical); mais, puisque l'aplatissement nasal est quatre fois plus fort que l'aplatissement temporal, ce sommet devait être reporté du côté temporal. De là un certain angle entre l'axe de l'ellipsoïde supposé et la ligne visuelle, *angle nommé* α *ou* γ; *telle est*, d'après les mensurations que j'ai faites, *la genèse et la signification réelle de cet angle;* on comprend ainsi très bien pourquoi le sommet apparent de la cornée est, dans la grande majorité des cas, en dehors de la ligne visuelle, de manière à simuler un strabisme divergent apparent. Ce strabisme divergent apparent doit même être la règle, puisqu'il est la conséquence de la forme même de la cornée normale type. D'ailleurs, le strabisme divergent apparent sera d'un degré très variable, car le rapport de 4 à 1 entre l'aplatissement nasal et l'aplatissement temporal est une moyenne dont peut s'écarter notablement un œil normal d'ailleurs.

III. — L'aplatissement transverse moyen $\frac{1+4}{2}=2{,}5$ est à peu près égal à l'aplatissement vertical moyen $\frac{2+2}{2}=2$; or, si nous considérons l'œil comme une sphère élastique, primitivement sphérique, nous dirons que cette sphère a été déformée par des pressions s'exerçant du côté de son équateur, lesquelles ont pour résultat d'aplatir le globe dans l'équateur en le faisant tomber davantage du côté du pôle antérieur (pour ne parler que de celui-ci). Si l'état normal se modifie au profit de l'aplatissement vertical, il en résultera un astigmatisme polaire *conforme à la règle*. Ainsi, l'astigmatisme conforme à la règle est simplement l'expression de l'exagération de l'aplatissement équatorial vertical normal; dans

l'astigmatisme contraire à la règle, l'état normal s'est, au contraire, modifié dans le sens d'une exagération relative de l'aplatissement équatorial transverse.

Si les aplatissements cornéens sont la conséquence d'aplatissements équatoriaux de la sphère élastique, hypothétiquement admise comme la forme primitive du globe oculaire, il est évident que, si l'on suit la courbure d'un méridien depuis l'équateur jusqu'au pôle, celle-ci, d'abord inférieure à la courbure de la sphère primitive, sera égale à celle-ci dans un point intermédiaire et lui deviendra supérieure au pôle même. Et si, par le fait de compression équatoriale inégale dans le sens vertical et dans le sens transverse, il survient un astigmatisme polaire conforme à la règle, par exemple, l'équateur aura la forme d'une ellipse à petit axe vertical, tandis que les axes transverses de l'ellipsoïde, représentant l'astigmatisme polaire, seront le plus long transversal et le plus court vertical. Or, c'est ce que M. le Dr Prouff(1) a pu directement constater dans plusieurs cas d'astigmatisme cornéen forts, et l'importance de cette observation n'a pas échappé à sa sagacité.

IV. — Il est évident d'ailleurs que c'est au delà du limbe sclérocornéen qu'il faut chercher les causes de l'asymétrie cornéenne normale que révèle l'ophtalmomètre. Quant à ces causes elles-mêmes, si l'on tient compte de la pression intra-oculaire, elles peuvent relever de deux facteurs principaux, variations d'épaisseur ou de résistance de la coque sclérale, et pressions exercées par les sangles que forment les muscles moteurs. Quelle que soit la part d'influence qui revient à ces deux facteurs, elle ne peut être nulle en ce qui concerne les muscles, car ce que l'on sait de ces derniers concorde à merveille avec la répartition des minima et des maxima d'aplatissement de la cornée; l'aplatissement minimum, situé du côté temporal, c'est-à-dire du côté du droit externe le plus faible, et l'aplatissement nasal le plus fort, situé en face du droit interne le plus fort, imposent la conviction que les mus-

(1) Prouff, Pathogénie de l'astigmatisme régulier produit par la cornée (*Journal de la Société de médecine de la Haute-Vienne*, 1880, p. 66-68).

cles droits jouent ici un rôle réel, ce qui n'exclut nullement la possibilité de l'intervention des obliques, car rien n'autorise à les négliger.

Je ne saurais aller plus loin sans sortir des limites qu'imposent les faits que j'ai recueillis; si j'ai peut-être trop parlé déjà des muscles, c'est que j'ai la conviction qu'il y a des recherches fructueuses à faire de ce côté, et je devais attirer l'attention sur ce point.

Je terminerai cet article par le tableau des aplatissements limites relevés dans mes observations; les maxima sont notés par ** et les minima nasaux par *. Quant aux autres minima, je ne les ai pas relevés, car ils sont assez fréquemment nuls. Les nombres représentent des dioptries.

TABLEAU II.

ŒIL	ARC	NASAL	CENTRE	TEMPORAL	VERTICAL supérieur.	VERTICAL inférieur.
VI G.....	0	—3,7**	42,2	—0,1	—0,4	—1,0
	90	—1,5	42,2	+0,1	—1,0	—0,4
X G.....	0	—0,4*	44,6	—1,0	—0,2	—0,0
	90	—1,2	44,2	—0,4	—1,0	—0,6
III G.....	0	—1,6	42,0	—1,8	—0,4	—1,6
	90	—2,6	42,0	—1,2	—0,1	—4,6**
II G.....	0	—3,0	43,9	—0,4	—0,6	—1,3
	90	—0,9	43,9	+0,5	—3,7**	—0,7

NOTA. — Les principales conclusions de ce travail ont été publiées dans une note insérée aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (29 octobre 1888).

[Postérieurement au mémoire qui précède, a paru chez Lutz, opticien à Paris, une brochure sans date, intitulée : *Notice sur le nouvel ophtalmomètre pratique de MM. Leroy et Dubois* (Prix Barbier, Académie des sciences, 1888). Le prix de l'instrument, sans appui-tête, est de 250 francs.]

XXXVI

SULLA MODIFICAZIONE

DELLA CURVATURA DELLA CORNEA

IN SEGUITO AD ESTRAZIONE DI CATERATTA

OSSERVAZIONI OFTALMOMETRICHE

per il Prof. E. SCIMEMI

Prof. de clin. oculist. della R. Univ. de Cagliari.

(*Sicilia medica* 1889, anno I, fascicolo IX.)

Le misure oftalmometriche finora prese sulla cornea dopo l'estrazione di cateratta si soño limitate quasi tutte al disco pupillare corneale, tenuto conto che è appunto questa parte la più utilizzata nella visione.

Qualcuno (1) ha già fatto osservare senza dimostrarlo che le modificazioni di curvatura in vicinanza del taglio debbano essere più pronunziate che altrove; ma nessuno, che io sappia, si è curato di determinare oftalmometricamente in che consistano tutte le modificazioni che la cornea presenta anche verso la periferia in conseguenza dell'estrazione; e se le proprietà ellittiche delle curve delle sezioni corneali si mantengano

(1) Purtscher, « Ein Vorschlag hinsichtlich der Gläsercorrection gewisser Krümmungsfehler der Cornea ». Knapp's Archiv f. Augenh. XV, p. 68.

ancora tali, e i rapporti colle costanti oculari vengano ad essere spostati più o meno.

Generalmente si ritiene con ragione che l'As. corneale dopo l'estrazione sia regolare in corrispondenza della linea visiva e le osservazioni da me publicate (1) su 146 occhi confermano questo fatto; non pertanto la forza visiva di molti operati, anche con campo pupillare netto e con mezzi diottrici e tessuti oculari in ottime condizioni non raggiunge quel grado che si dovrebbe avere dopo la correzione dell'intiero astigmatismo corneale. Gli è però, io credo, di molta importanza non solo scientifica, ma anche pratica il determinare con sufficiente esattezza le modificazioni di tutta la superficie corneale, a fin di dedurre possibilmente con giusti criterii i mezzi più adeguati per dare all' operato il miglior grado di forza visiva.

Ma prima di entrare nei dettagli dell'esame oftalmometrico credo utile di riferire i risultati che ci offre l'osservazione col semplice disco di Placido, la quale, sebbene non possa darci un'idea esatta della modificazione corneale, pure ce ne fornisce una abbastanza rispondente al vero. Anzi credo che il cominciare l'esame col disco di Placido sia non solo utile ma anche necessario, quasi come l'osservazione oftalmoscopica ad imagine rovesciata, la quale ci dà l'insieme delle alterazioni del fondo oculare e dei loro rapporti reciproci, mentre por l'imagine diritta ci mostra le particolarità più minute delle diverse parti.

Il disco di Placido che ho adoperato è molto più largo di quello di Javal (40 centim. di diametro), onde possa abbracciare una grande estensione della cornea, gli anelli sono tutti ugualmente larghi (in quello di Javal sono proporzionali alle tangenti), affine di potere vedere se una sezione corneale sia più rifrangente dell'altra. È stato adattato all'oftalmometro Javal.

L'imagine del disco si vede rovesciata nell' oftalmometro, i suoi anelli si riflettono, sull'occhio, se è normale la curvatura della cornea e la linea visiva diretta al foro dell'oftalmometro.

(1) Scimemi : « Sull'Astigmatismo corneale in seguito ad estrazione di cataratta » Annali d'oftalmalogia 1889, fasc. IV e V.

circolari, concentrici, simmetrici col centro della cornea; gli anelli più periferici sono alquanto più larghi di quelli al centro con aumento progressivo e graduale da un anello all' altro. Questo aspetto dell' imagine del disco dimostra che la cornea normale ha un vertice in corrispondenza delle parti centrali per cui passa la linea visiva, e che la curvatura della sua superficie va diminuendo gradatamente verso la periferia in maniera a un di presso uniforme in tutti i segmenti.

L'imagine invece del disco nella cornea dopo l'estrazione, fatta eccezione dei casi in cui vi sono deformità per astigmatismo irregolare, presenta una serie di anelli manifestamente ellittici, di cui l'asse maggiore è perpendicolare al mezzo del taglio e il minore parallelo (V. Fig. 99, p. 415.) L' ellisse centrale ha sensibilmente il suo centro in quello della cornea; le altre ellissi si presentano sempre più larghe a misura che sono più periferiche; ma la loro lunghezza è diversa nei varii segmenti della cornea. Lungo il meridiano parallelo alla ferita si mostrano esse abbastanza simmetriche rispetto al centro e la loro larghezza presenta un leggiero aumento graduale verso la periferia, analogamente a quanto vedesi nell'occhio normale.

Il meridiano perpendicolare invece mostra una grande differenza fra le curve della metà superiore e quelle della metà inferiore; mentre le prime (che sono quelle riflesse sul segmento corneale inferiore, cioè opposto al taglio) hanno una disposizione analoga a quella delle laterali colla sola differenza che la larghezza dello stesso anello è, in questa regione, alquanto maggiore; le seconde invece sono ancora più larghe e tanto maggiormente quanto più periferiche, sicchè la distanza di un medesimo anello dal centro é più grande in basso che in alto, e questa differenza cresce sempre di più quando ci avviciniamo alla periferia.

Possiamo quindi dedurre dalla semplice ispezione dell' imagine del disco di Placido che nella cornea dell'occhio operato il meridiano parallelo al taglio, a cui corrisponde l'asse minore dell' ellisse degli anelli, presenta una curvatura più forte del meridiano perpendicolare; che la curvatura diminuisce verso le parti periferiche, onde gli anelli appaiono più larghi; e che

la diminuizione è progressiva e simmetrica d'ambo i lati. Nel meridiano perpendicolare invece la curvatura corneale tanto nell' insieme che nelle sue parti è minore che nel parallelo, e fra le due metà, inferiore e superiore, è molto più appiattita quella che corrisponde alla ferita.

Però quest' aspetto ellittico degli anelli del disco non è costante in tutti gli operati, in cui l'oftalmometro pur dimostra un astigmatismo regolare al centro. In alcuni casi, pur mantenendosi più appiattito il meridiano perpendicolare, principalmente in prossimità della ferita, gli anelli del disco più periferici, invece di una forma ellittica, ne presentano una ovalare col vertice più acuto in basso (V. Fig. 100, p. 415). — Un'imagine simile, ma molto più accentuata, si ottiene quando si fa riflettere un cerchio sulla parte convessa di un cucchiaio : la imagine riflessa dalla parte del cucchiaio più vicina alla sua estremità rappresenta un angolo acuto di cui i lati sono linee curve, mentre l' imagine fornita dalla parte più convessa è regolarmente curva. — Per ispiegare questa forma di imagine si deve ammettere che il lembo ha subito uno spostamento in avanti. per cui si è appianata la sua curva nel meridiano perpendicolare alla ferita, e che gli angoli non potendo seguire il movimento della parte mediana sian rimasti depressi, ingenerando nel lembo una convessità più forte nel senso parallelo alla ferita, in tal maniera da impartirgli in casi siffatti una superficie ovoide.

I risultati ottenuti dall' esame col disco di Placido sono utili, ma non sufficientemente esatti, massime per determinare la posizione che la linea visiva prende dopo l' estrazione, tanto più che l' angolo α nell' occhio operato è a presumere debba divenire molto diverso di quello che era prima dell' operazione. — Noi intenderemo per angolo α, secondo Helmholtz, quello che la linea visiva (o il raggio di curvatura con essa coincidente) fa coll' asse maggiore dell' ellisse corneale (asse corneale) (V. Fig. 102) : diciamo per brevità ellisse corneale quella a cui appartiene la curva della sezione verticale della cornea nel meridiano in esame ; e per angolo α' quello che la linea visiva (o il raggio di curvatura con essa coincidente) fa col raggio del centro della curva corneale dello stesso meridiano. — Ora nelle condizioni normali l'asse maggiore dell' el-

lisse coincide col raggio del centro della curva corneale e coll'asse ottico, onde gli angoli α ed α' sono eguali; il che invece non avviene più nel meridiano perpendicolare al taglio dopo l'estrazione. Così pure è importante di determinare la natura della curva che i meridiani principali presentano dopo l'operazione, onde potere intendere, se la rifrazione sia così diversa nei varii segmenti corneali da produrre estesi circoli di diffusione nocevoli alla chiarezza della visione. Sono perciò indispensabili esatte misure oftalmometriche.

Fra i molti casi che ho esaminato riporto nelle tavole qui annesse solo quelli che si riferiscono a cornee, le quali e prima e dopo l'operazione presentavano una regolarità quasi completa nella curvatura, precipue dei loro meridiani principali, fin nelle parti periferiche. Credo bene però di notare fin d'ora che siccome è frequentissimo di trovare un astigmatismo regolare verso il centro della cornea degli operati, così anche sono pochi i casi che non si prestino all'esame completo di questa membrana; talchè posso anche asserire che le modificazioni della cornea dopo l'estrazione danno ad essa una curvatura il più delle volte abbastanza regolare.

Le misure sono state prese coll'oftalmometro di Javal e Schiötz prima e dopo l'operazione e sono state ripetute più volte in unica seduta od in parecchie, principalmente negli occhi ancora non operati, i cui reconoscevo una certa indeterminatezza nel digirere la linea visiva verso la candela che rappresentava il punto di fissazione. Questa difficoltà nell'individuo caterattoso di dirigere bene l'occhio dipende dall'essere l'immagine retinica molto diffusa per la rifrazione del cristallino opacato, onde la proiezione all'esterno non è precisa. Però, quando macava ogni strabismo reale e l'altro occhio era sano e poteva fissar bene, ho preso le misure dirigendo l'oftalmometro sull'occhio caterattoso, mentre l'infermo guardava coll'occhio sano il punto di fissazione. Della giusta direzione della linea visiva dell'occhio caterattoso mi affidava poi il fatto che, facendo fissare la candela coll'occhio caterattoso solo e quindi aprendo l'occhio sano, nè l'uno nè l'altro mostravano movimenti di sorta. Quando invece l'infermo aveva ambo gli occhi caterattosi, ma poteva fissare con precisione una candela,

poichè la fiamma non poteva essere collocata avanti all' apertura dell' oftalmometro, così determina il raggio di curvatura facendo guardare la fiamma collocata prima 5 gradi di un lato e poi 5 gradi dall' altro dell' asse dell' oftalmometro, misurando i raggi corneali corrispondenti e pigliandone la media. Per riprova faceva collocare il dito dell' informo sul foro dell' oftalmometro ed, invitandolo a guardare la sua ugna, misurava il raggio della cornea corrispondente in quella posizione.

Per determinare i diversi elementi della curvatura della cornea prima e dopo l'operazione ho ammesso seguendo Senff ed Helmholtz (1) che le sezioni corneali (meridiani) passanti per la linea visiva rappresentino curve ellittiche; e per il calcolo ho adoperato il metodo di Helmholtz e di Knapp (2) — cioè, si fa guardare l'infermo nel centro del foro dell'oftalmometro in modo che la linea visiva coincida coll' asse dello strumento e si misura il raggio corneale corrispondente che vien detto ρ_0; quindi si colloca la fiamma prima da un lato e poi dall' altro dell' arco dell' oftalmometro ad ugual distanza dall' asse nel piano del meridiano principale in esame, e vi si fa dirigere la linea visiva, in modo che questa venga a fare coll'asse dell'oftalmometro due angoli uguali (φ), e si misura il raggio della cornea (ρ_2, ρ_1) che nella nuova posizione coincide coll'asse dell'oftalmometro. Se nella formula generale del raggio dell' ellisse

$$\rho = \frac{a\,(1 - \varepsilon^2)}{\sqrt{(1 - \varepsilon^2\, sen^2\, \omega)^3}} \quad (1)$$

in cui a = semiasse maggiore, ε = eccentricità numerica (la distanza di un punto focale dal centro, cioè l'eccentricità lineare, divisa per il semiasse maggiore), ω = angolo che il raggio di curvatura fa con l' asse maggiore; chiamiamo α l'angolo che ρ_0 fa coll' asse maggiore dell' ellisse, avremo per $\rho_2 : \alpha - \varphi$, e per $\rho_1 : \alpha + \varphi$, essendo ρ_2 il più grande; onde

(1) Helmholtz, «Handbuch der physiolog. Optik», 2ª ediz. p. 17.
(2) Knapp, «Die Krümmung der Hornhaut des menschlichen Auges» 1886, p. 16.

$$\left.\begin{aligned} \rho_0 &= \frac{a\,(1-\varepsilon^2)}{\sqrt{(1-\varepsilon^2\,sen^2\,\alpha)^3}}, \\ \rho_1 &= \frac{a\,(1-\varepsilon^2)}{\sqrt{\{1-\varepsilon^2\,sen^2\,(\alpha+\varphi)\}^3}}, \\ \rho_2 &= \frac{a\,(1-\varepsilon^2)}{\sqrt{\{1-\varepsilon^2\,sen^2\,(\alpha-\varphi)\}^3}}; \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

dalle quali

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon^2 &= \frac{\rho_0^{\,2/3}-\rho_1^{\,2/3}}{\rho_0^{\,2/3}\,sen^2\,\alpha-\rho_1^{\,2/3}\,sen^2\,(\alpha+\varphi)}, \\ \varepsilon^2 &= \frac{\rho_0^{\,2/3}-\rho_2^{\,2/3}}{\rho_0^{\,2/3}\,sen^2\,\alpha-\rho_1^{\,2/3}\,sen^2\,(\alpha-\varphi)} \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

$$\text{tang. } 2\,\alpha = \text{tang. } \varphi\,\frac{(\rho_0\rho_2)^{2/3}-(\rho_0\rho_1)^{2/3}}{(\rho_0\rho_2)^{2/3}+(\rho_0\rho_1)^{2/3}-2\,(\rho_1\rho_2)^{2/3}} \quad (4)$$

Il semiasse maggiore sarà espresso da

$$a = \frac{\rho^0\sqrt{(1-\varepsilon^2\,sen^2\,\alpha)^3}}{1-\varepsilon},$$

il semiasse minore (b) da

$$b = a\sqrt{1-\varepsilon^2}$$

l'eccentricità lineare (c), cioè la distanza fra uno dei fochi e il centro da

$$c = a\,\varepsilon$$

il raggio (ρ) in corrispondenza del vertice dell'ellisse, poichè $\alpha = 0$, da

$$\rho = a\,(1-\varepsilon^2)$$

L'angolo φ fu per lo più preso di 20° ma in alcuni casi sono stato obligato a prenderlo di 18° e qualche rara volta anche di 16°, quando nel meridiano verticale l'imagine riflessa in vicinanza della ferita non era limpida.

Alcune volte ho creduto bene di sostituire il prisma birifragente dell' oftalmometro di Javal colle lamine a superficie pa-

rallele, come in quello di Helmholtz, onde avere un'imagine corneale più piccola di quella che il prisma ordinario di Javal fornisce costantemente della grandezza di 3 mm.

Ciò ho creduto necessario nella misura delle parti centrali della cornea, dove la curva per un breve tratto si può riferire piuttosto ad una sfera che ad un elissoide; e tanto più che l'ottica dimostra come un'imagine più grande della quarta parte del raggio di curvatura della superficie che si esamina non sia sufficientemente netta.

Una difficoltà nell'intendimento del giusto significato da dare al calcolo sorge nella supposizione che le sezioni corneali le quali passano per l'asse visivo non siano ellittiche dopo l'estrazione. Epperò onde giustificare l'esattezza dei risultati ottenuti nei miei casi credo bene di riportare le parole di Helmholtz relativamente alla curvatura della cornea normale. « Quando, » egli dice, « io considero, come ha fatto Senff, la superficie esterna della cornea come un tratto di un' elissoide, lo intendo nel senso che ciascun breve tratto di una curva continua in generale può essere espresso molto meglio per un arco ellittico che per uno circolare, e nella cornea la espressione della sua forma dà preventivamente un'approssimazione sufficientemente grande per un' elissoide » (1). Adunque la superficie della cornea si considera come ellissoide non per dimostrazione diretta, ma perchè le misure delle sue diverse parti si possono riferire abbastanza bene alla curva ellittica; e il risultato del calcolo colle formule dell'ellisse corrisponde perfettamente.

Ora l'ellisse è una figura simmetrica rispetto al suo asse e la sua curvatura che è massima al vertice (cioè all'estremità dell'asse maggiore) va rendendosi gradatamente più piccola fino all'estremità dell'asse minore; così ne viene che punti ugualmente distanti dal vertice hanno ugual raggio di curvatura e che quel punto il quale ne è più lontano ha un raggio di curvatura più grande. Ma nella cornea normale si osserva generalmente che il raggio ρ_o, corrispondente alla linea visiva, è il più piccolo e che il raggio preso sul lato nasale della cornea è il più grande, onde segue che ρ_o è il più vicino all'

(1) Helmholtz, l. c., p. 17.

asse e ρ_1 (il raggio del lato nasale) il più lontano; e poichè ρ_1 e ρ_2 fanno lo stesso angolo con ρ_0 dovrà l'angolo α, che ρ_0 fa con l' asse maggiore, essere aperto dal lato nasale dell'asse : in questa posizione lo si è detto positivo (V. fig. 4).

Intanto in alcuni occhi ho riscontrato una certa anormalità di curvatura per cui il raggio del segmento esterno della cornea (ρ_2) è minore di quello nella linea visiva (ρ_0) e questo minore di quello nel segmento interno (ρ_1), cioè $\rho_2 < \rho_0 < \rho_1$. Questo fatto che ho riscontrato poche volte in occhi normali è invece frequente nel meridiano perpendicolare dopo l'estrazione. Lo stesso fatto fu osservato anche qualche volta da Woinow (1) il quale dapprima aveva creduto ad un errore di osservazione, ma dopo essersene assicurato credette di spiegarlo ammettendo che quel meridiano della cornea in esame non avesse la forma ellittica.

Anche Laqueur (2) ha osservato in certe cornee fisiologiche che la curvatura nel meridiano verticale è più forte in sopra che nella linea visiva, e poichè in basso la curvatura invece è più debole, così anche qui si trattava di $\rho_2 < \rho < \rho_1$.

Nè Woinow, nè Laqueur danno i raggi di curvatura che in queste cornee di forma non comune essi riscontrarono, perchè allora si avrebbe potuto vedere se realmente si trattava di curva ellittica o meno. Ed infatti noi riteniamo, come si è detto, che la cornea sia un'ellissoide innanzi tutto solo nel senso che ciascun piccolo tratto della sua superficie curva può essere rappresentato più esattamente per un elissoide che per una sfera. Quindi è che, quando applicando le formule dell'ellisse si trovano coi dati raggi valori che rispondono bene all'ellisse non abbiamo ragione di escludere la forma ellittica della curva in esame.

Per altro quando la curvatura della cornea, senza essere sferica, è abbastanza regolare, le sue sezioni, se pur non sono propriamente ellittiche, le possiamo quasi con certezza riferire

(1) Woinow « Ophthalmometrische Studien », Wien 1869, p. 59, nota.
(2) Laqueur « Ueber die Hornhautkrummung in normalen Zustand und nutes pathologischen Verhaltnissen » Arch. f. Ophthalm. XXX, p. 101.

ad una parabola o ad un'iperbole; ora le sezioni coniche (ellisse, parabola, iperbole) son curve dello stesso ordine e possono considerarsi, insieme al circolo, come casi dell' ellisse. Il valore dell'eccentricità numerica (ε) mostra subito di qual curva si tratti; poichè se ε è uguale a zero la curva è circolare se minore di 1 è ellittica, se è uguale ad 1 si riferisce ad una parabola e se maggiore di 1 ad una iperbole. — Dall'esame quindi dei risultati che noi ricaviamo applicando le grandezze dei diversi raggi misurati alle formule dell'ellisse possiamo riconoscere a quale delle curve suddette si possa riferire quella in questione.

Le curve da me esaminate risultarono per la maggior parte ellittiche ma l'angolo α è in alcuni casi così grande da oltrepassare qualche volta il valore di φ. Se riportiamo i valori diversi di α sulla figura ci sarà facile intendere a qual tratto dell'ellisse corrisponde la curva da noi esaminata. Vediamo quello che si ha nelle diverse grandezze di α: 1°. Sia α uguale a zero, cioè coincida la linea visiva e ρ_0 coll'asse dell'ellisse: (v. fig. 101), saranno i tratti corneali corrispondenti a ρ_2 e a ρ_1 ugualmente distanti del vertice e quindi sarà $\rho_2 = \rho_1$ (quasi come si vede nel meridiano orizzontale degli esempi 5° e 6° prima dell' operazione). 2°) Sia α maggiore di zero e minore di $\frac{\varphi}{2}$ (v. fig. 102); ci troviamo nei casi più frequenti in cui cioè ρ_0 è il più piccolo raggio e ρ_1 il più grande. 3°) Sia α uguale a $\frac{\varphi}{2}$ (v. fig. 103): sarà l'asse dell'ellisse simmetrico per ρ_0 e ρ_2 e saranno quindi questi due raggi uguali fra di loro, ρ_1 maggiore d'entrambi (v. esem. 2°, merid. 95°, 67 g. dopo l'operaz.; esem. 3°, merid., vert.; 7 g. dopo l'oper.). 4°) Sia α maggiore di $\frac{\varphi}{2}$ e minore di φ (v. fig. 104): il tratto corneale corrispondente a ρ_0 sarà più distante dal vertice che non quello corrispondente a ρ_2 e quindi ρ_2 pur mantenendosi sempre alla sinistra dell'asse, sarà minore di ρ^0, ρ_1 sarà sempre il più grande (v. esemp. 2°, merid. 100°, 13 g. dopo l'oper.; esem. 5°, merid. 90°, prima dell'oper). 5°) Sia $\alpha = \varphi$: ciò significherà che ρ_2 coinciderà coll'asse dell'ellisse quindi sarà uguale a ρ_0 che come sappiamo è il raggio più piccolo di tutta la circonferenza dell'ellisse (v. esem. 2° merid. 100, 7 g.

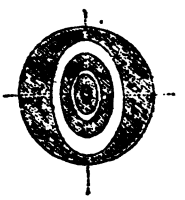


Fig. 99

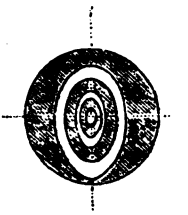


Fig. 100

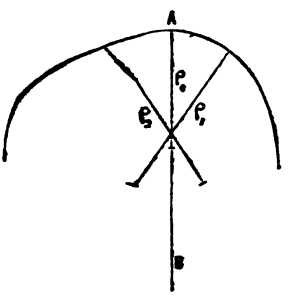


Fig. 101

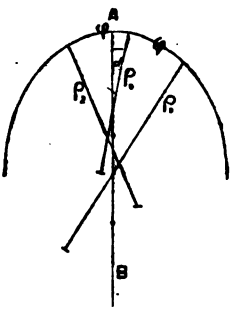


Fig. 102

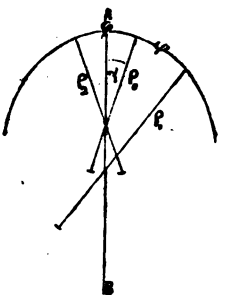


Fig. 103

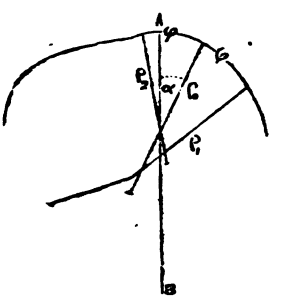


Fig. 104

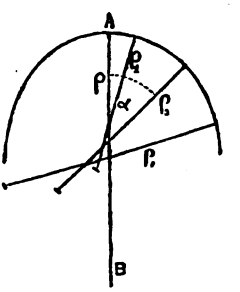


Fig. 105

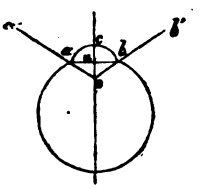


Fig. 106

dopo l'oper., in cui φ era di 20° ed α risultò di 19° 12, quindi α quasi uguale a φ). 6°. Sia finalmente α maggiore di φ (v. fig. 105): tutti e tre i raggi cadranno dalla stessa parte dell'asse sicchè il vertice dell'ellisse non capiterà nel nostro campo di osservazione; i rapporti delle grandezze dei raggi fra di loro saranno come nel caso 4° e 5°, cioè $\rho_2 < \rho_0 < \rho_1$. (v. esem. 1° meridiano 90°, dopo l'operazione; esempio 7° meridiano orizzontale prima e dopo l'operazione).

Tutto quanto precede dimostra dunque che le curve corneali da me esaminate sono ellittiche ed il calcolo ha la sua chiara espressione geometrica. Io trovo fra gli esempi studiati da Knapp (l. c.) uno che presentava $\rho_2 < \rho_0 < \rho_1$, l'angolo α risultò di 14°, 52'; la grandezza di φ non è data; ma poichè esso non fu preso mai maggiore di 23° 46', così questo esempio rientra nel caso 4° sudetto in cui cioè α è maggiore di $\frac{\varphi}{2}$ e minore di φ. Knapp non trovò ragione per non considerare questa curva per ellittica come le altre.

Dall'esame dei risultati che abbiamo ottenuto e che sono segnati nelle tavole risulta che la cornea in conseguenza dell'estrazione si modifica considerevolmente in tutti i suoi meridiani però generalmente la superficie che ne risulta è abbastanza regolare ed appartiene ad un ellissoide e quindi sono ancora calcolabili le sue proprietà. Noi troviamo:

Prima dell'operazione le curve dei meridiani corneali sono tutte ellittiche, ma di eccentricità diversa nel medesimo occhio. I meridiani intermedi, che in alcuni esempi ho misurato, mi diedero risultati sensibilmente medi fra quelli ottenuti pei principali, quindi non ho creduto di riportarli. L'angolo α mostra delle piccole oscillazioni nel meridiano orizzontale, ma lo troviamo sempre dal lato nasale, cioè positivo, secondo la denominazione più comune; la media dei primi 4 esempi dà 5°,9'.

Non son compresi nella media gli esempii 5° e 6°, in cui, non potendo esser sicuro della giusta direzione della linea visiva, ρ_0 fu preso sul centro della cornea: gli angoli di + 0°,30' e — 0°,29' che questo raggio viene a fare coll'asse dell'ellisse si può attribuire ad errore nel determinare il centro del meridiano

orizzontale, per la incertezza dell'infermo nel fissare la candela. Non tengo conto neppure del 7° esempio : quivi si trattava dell' anomalia di curvatura di cui abbiamo detto sopra (ρ_2 minore di ρ_0), e che è piuttosto rara nell' occhio normale, principalmente per il meridiano orizzontale. L'osservazione fu ripetuta cambiando l'angolo φ ed anche la grandezza delle imagini; si ebbero tutte le volte risultati abbastanza vicini fra di loro, perchè la differenza avesse potuto attribuirsi agli inevitabili errori di osservazione; ma sebbene l'andamento della curva fosse regolare, pure il calcolo colle formule dell' ellisse mi dà due diversi valori di ε^2 dalle due equazioni (3) di p. 411; quindi la curva non potè esser considerata come ellittica. In questo caso l'angolo α' determinato col processo di Donders, cioè l'angolo che fa la linea visiva col raggio del centro della cornea, fu trovato $+ 3°,45'$.

Del confronto dei valori ottenuti per α e per α' in cui la differenza è minore di 1° si può ammettere che il vertice dell' ellisse corneale coincide col centro del meridiano corneale.

Nel meridiano verticale l'angolo α ora è positivo ora negativo, con una media di $3°,40'$, ma più frequentemente è negativo, cioè la linea è più in basso del vertice dell'ellisse, il che corrisponde alle osservazioni di Laqueur che ritrovò nel meridiano verticale più fortemente incurvato il segmento superiore che non l'inferiore.

Risultà dunque dalle osservazioni nostre che prima dell'operazione la linea visiva corrisponde quasi sempre all' interno del centro della cornea, ma non in linea orizzontale, bensì ora all' interno ed in basso, il che è più frequente, ed ora all' interno ed in alto. Dalle medie dell'angolo α sarebbe mm. 0,6748 all' interno e mm. 0,480 all' in basso dal vertice della cornea.

Non credo necessario di entrare maggiormente nelle deduzioni che dall' esame della tavola si possono trarre, relativamente all' occhio caterattoso prima dell' operazione; essi sono quali si hanno negli occhi normali e si trovano nei trattati di oftalmometria, a cui rimando il lettore. Ma non credo di passare sotto silenzio l'osservazione fatta già da Knapp (l. c.) sugli occhi da lui esaminati, e che è la stessa di quella che noi possiamo trarre dai nostri esempii, che cioè la curvatura della cornea non corrisponde esattamente a nessuno dei corpi geo-

metrici noti. Ad una ellissoide di rotazione non può appartenere, perchè nei diversi meridiani vi ha diversa eccentricità; neppure ad un ellissoide a tre assi, come faceva Zehender, perchè le sezioni che passano per il suo vertice sono curve ellittiche, però hanno non solo due diversi assi minori, ma anche due diversi assi maggiori; tuttavia si può asserire che la superficie della cornea, sebbene non si possa riferire a nessuno dei corpi geometrici ben determinati, pure ha un vertice centrale, e tale curvatura per cui le sezioni (meridiani) passanti per la linea visiva rappresentano curve ellittiche.

Vediamo ora quale diviene la superficie della cornea *dopo l'estrazione*. Dobbiamo distinguere le modificazioni che si osservano dopo pochi giorni dell' operazione, da quelle che possiamo, sino a un certo punto, ritenere definitive.

Nei primi giorni dopo l'operazione il meridiano orizzontale, o, diciamo meglio, quello parallelo al taglio, aumenta la sua convessità regolarmente, mantenendosi la curva ellittica, in cui è principalmente l' eccentricità quella che si è resa più grande, rispetto a quanto era prima dell' operazione. — In un caso (4°) fra' 7 calcolati l'eccentricità si trova dopo l' estrazione un pochino minore, ma è da notare che in questo caso, già prima dell' operazione, l' eccentricità era piuttosto grande, maggiore che in tutti gli altri sei casi; dopo l'estrazione invece la curva si avvicinò di più alla circolare, pur mantenendosi abbastanza ellittica. Tale modificazione della curva si deve attribuire a una grande diminuzione del diametro della cornea ed in fatti, sebbene l'astigmatismo corneale dipendente dalle modificazioni del solo meridiano orizzontale in corrispondenza della linea visiva non fosse che di sole 3,50 D, tuttavia il diametro corneale si presenta già diminuito di circa 1 mm.

L'angolo α subisce lievi modificazioni nella sua ampiezza, pur mantenendosi però sempre all'interno del vertice dell'ellisse; la media delle prime sei osservazioni dà $\alpha = 2° 21'$. Il che significa che l'asse visivo dopo l'operazione si avvicina all'asse dell'ellisse e quindi al mezzo della cornea con cui l'asse dell'ellisse coincide. Per assicurarmi che anche dopo l'estrazione il vertice dell'ellisse capiti realmente sul centro della curva del meridiano corneale orizzontale, come abbiamo ve-

duto avvenire prima dell'estrazione, ho misurato l'angolo α' col processo di Donders in quei casi che ho potuto, ed ho riscontrato che la differenza fra' due angoli α ed α' era così piccola (il massimo di 0°,30') da poterla benissimo riferire ad errore di osservazione; del resto nel 5° e nel 6° esempio in cui prima dell' operazione il vertice dell'ellisse corrispondeva quasi perfettamente sul mezzo, la differenza di $\pm$ 0°,30' è anche conferma di ciò; di fatti ρ_0 e ρ non differiscono che solo di un millesimo di millimetro: e così doveva essere, perchè qui la quantità segnata nella colonna ρ. non corrisponde alla linea visiva, ma, come è detto sopra, cercai di misurare il raggio del centro della cornea.

Cosicchè anche per quei casi pei quali non fu ricercato α' la presunzione ha buon fondamento.

Adunque la curva del meridiano parallelo alla ferita aumenta la sua convessità dopo l'operazione trasformandosi in un'altra curva anch' essa ellittica, mentre la linea visiva si avvicina al centro. Nell' esempio 7° in cui abbiamo veduto la curva del meridiano orizzontale prima dell'operazione non essere ellittica, diviene invece ellittica dopo conservando lo stesso andamento, cioè $\rho_1 < \rho_0$; però il calcolo qui dà valori rispondenti bene coll'ellisse: l'angolo α è di 30°,56, ma per α' trovai 4°,25, dunque il vertice dell'ellisse corneale era di 26°,31 all' esterno del mezzo della curva del meridiano orizzontale, cioè mm. 3,476 verso il lato temporale.

Nel meridiano verticale, o meglio quello perpendicolare al taglio, avvengono le maggiori modificazioni.

Il segmento corneale che corrisponde al taglio presenta il più grande appiattimento, il suo raggio di curvatura è il maggiore di tutta la superficie della cornea; ma la modificazione si estende anche al resto del meridiano fino all'estremità opposta in grado sempre minore a misura che ci allontaniamo dal taglio; epperò spesso il centro della cornea che prima dell'operazione era il più fortemente curvo si appiatisce tanto che il suo raggio di curvatura diventa più grande di quello del segmento opposto al taglio; di maniera che il meridiano perpendicolare, conservando in tutte le sue parti un raggio più grande che il meridiano parallelo, offre una curva di cui la convessità va gradatamente diminuendo da un estremo all'altro.

Le misure prese dànno allora ρ_2 minore di ρ_0 e ρ_0 minore di ρ_1, essendo ρ_1 il più vicino alla ferita. Queste condizioni non escludono che la curva del meridiano verticale possa essere ellittica, come abbiamo detto sopra; ed il calcolo conferma la supposizione.

Però qualche volta la curva è parabolica ed in casi eccezionali iperbolica, oppure si hanno due curve raccordate di cui una circolare, l'altra conica.

Poichè i dati che può fornirci il metodo di Helmholtz della misura della cornea non sono sufficienti per calcolare queste curve, così non li riporto. Nell' esempio 2° il meridiano 95°,67 giorni dopo l'estrazione, presentava $\rho_0 = \rho_2$ e ρ_1 appena maggiore il calcolo dà un'eccentricità molto piccola quindi la curva si può considerare circolare; nell' esempio 3°, meridiano 90°,7 giorni dopo l'estrazione, si aveva pure $\rho_0 = \rho_2$, ma la eccentricità era piuttosto grande, e quindi possiamo riferire questo esempio al caso terzo già descritto.

Nelle curve ellittiche del meridiano perpendicolare calcolato troviamo l'angolo α qualche volta molto grande.

La media di 6 osservazioni dà $\alpha = 17°$ circa. Per la difficoltà di precisare coll'oftalmometro il margine corneale corrispondente alla ferita, massime nei primi giorni, non potei determinare l'angolo α' per assicurarmi della posizione della linea visiva rispetto al centro della cornea; ma dalla direzione che l'infermo dava all'occhio e dall'attento esame della posizione del margine della cornea opposta alla ferita posso assicurare che la linea visiva passa molto vicino al centro, quindi è che nel meridiano verticale dopo l'estrazione l'angolo α non è più uguale ad α', come avviene invece nel meridiano orizzontale, anche dopo l'estrazione, e come si vede nella cornea normale; l'angolo α ha perciò il solo significato geometrico, dell' angolo cioè della linea visiva coll' asse maggiore dell' ellisse; dunque il vertice dell' ellisse si trova in media 17° in sotto del centro del meridiano che corrisponde per $\rho_0 = 8{,}500$ a mm. 3,522.

In alcuni esempi si trova l'angolo α così grande che il suo vertice cade sul margine della cornea, nell'es. 1° mer. 90° dopo l'operazione si ha $\alpha = 33°,22'$ che dà il vertice dell'ellisse mm. 4,906 in sotto del centro della curva corneale.

Mi son voluto fermare su questo esempio di massimo angolo α per dimostrare quanto si può modificare la curva del meridiano verticale al taglio dopo la estrazione. Ora come su questo meridiano riscontriamo la maggiore modificazione, così è esso che non ostante la cicatrizzazione completa ne conserva ancora una certa parte che resta diffinitiva, come più sotto vedremo.

Una quistione che si riferisce all'esame della cornea dopo l'estrazione è quella di determinarne il diametro. Poichè nel meridiano parallelo alla ferita la curvatura della cornea aumenta molto viene spontanea l'idea che la sua base si debba modificare, e certamente, raccorciandosi. Poichè, se rimane costante la grandezza di un arco, è necessario che la sua corda si rimpiccolisca affinchè la curvatura possa aumentare. È in base a questo ragionamento che Weiss dimostrò come nel meridiano perpendicolare in cui la curvatura dopo l'estrazione diminuisce, la corda che sottende quest'arco deve allungarsi; lo spostamento in avanti del labbro del lembo corneale ne sarebbe una conseguenza. Nel mio precedente lavoro (l. c.), studiando la questione in maniera analoga, dimostrai che realmente il diametro della cornea parallelo alla ferita si debba raccorciare.

Ma il mio ragionamento e quello di Weiss sono fondati sull'ipotesi che la cornea sia sferica, il che per altro non toglie valore al fondo del ragionamento; solo le quantità calcolate non si possono riportare tali e quali sulla cornea, la quale, come abbiamo veduto, ha le sue sezioni meridionali di forma ellittica.

Però l'opinione che il diametro corneale parallelo si rimpiccolisca dopo l'estrazione era una deduzione del calcolo. Ho creduto perciò utile di verificare in queste nuove osservazionni se vi fosse reale rimpiccolimento.

Non avendo l'oftalmometro di Helmholtz m'ingegnai di utilizzare quello di Javal anche per determinare il diametro della cornea.

A tal uopo aggiunsi all'arco dell'oftalmometro, su cui scorrono le mire, il quale non abbraccia che 70°, due tratti di 15° ciascuno alle due estremità, in modo di avere così 100° de cir-

petto a *c* e quindi le normali *ao* et *bo* s'incontreranno sul prolungamento della perpendicolare *cu;* ne risultano due triangoli rettangoli *aou* e *bou* uguali fra di loro. Per determinare *au* che è il semidiametro della cornea ci basta conoscere l'angolo *aou* e l'ipotenusa *ao;* l'angolo $aou = \omega$, *ao* non è altro che la cosidetta normale dell'ellisse nel punto *a*, il cui valore si ricava dalla formula generale del raggio delle coniche

$$\rho = \frac{N^3}{p^2} \qquad \text{onde} \qquad N = \sqrt[3]{\rho\, p^2}$$

in cui N è la normale, ρ il raggio dell'ellisse in *a*, e *p* il semparametro. Ma

$$\rho = \frac{a\,(1-\varepsilon^2)}{\sqrt{(1-\varepsilon^2\, sen^2\,\omega)^3}},$$

$$p = \frac{b^2}{a} = \frac{\left(a\sqrt{1-\varepsilon^2}\right)^2}{a}$$

onde sostituendo e riducendo

$$N = \frac{a\,(1-\varepsilon^2)}{\sqrt{1-\varepsilon^2\, sen^2\,\omega}}$$

i cui valori son tutti noti, quando si siano già calcolati gli elementi dell'ellisse corneale.

Allora

$$au = N \cos \omega.$$

Così è stato calcolato il valore del diametro della cornea che ho segnato nella tavola alla colonna D.

È evidente che l'esattezza del valore trovato dipende dalla forma ellittica della curva esaminata; e in tal caso questo metodo di misura può fornire la riprova che quella curva sia realmente un'ellisse come preventivamente si era ammesso e calcolato. Infatti se con un altro metodo di misura diretta del diametro della cornea otteniamo un valore uguale a quello trovato, la curva in questione è realmente ellittica. Il metodo di Donders ci dà appunto questa misura della base della cornea indipendentemente dalla natura della curva corneale.

Ecco in che consiste. L'occhio è collocato come per l'ordi-

quelle descritte, ma di grado alquanto minore; la cornea ritorna a poco a poco verso le forma che aveva prima, ma raramente scompaiono del tutto le modificazioni prodotte dall' estrazione. Nell' esempio 2° in cui l'ultima osservazione fu fatta 67 giorni dopo, l'ellisse corneale del *meridiano orizzontale*, la quale aveva una eccentricità lineare di 2,668 e che dopo 13 giorni dall' operazione si era elevata a 5,198, tornò ad abbassarsi a 3,211; l'angolo α che da 6°,12′ si era ridotto a 1°,10′ si eleva di nuovo a 7°,39′, cioè la linea visiva, che si era avvicinata al centro dopo l'operazione, torna quasi al suo primitivo posto a cicatrizzazione completa. Gli stessi fatti ritroviamo nell' esempio 3°.

Anche nel *meridiano verticale* abbiamo riduzioni nel medesimo senso, ma meno pronunziate, specialmente in vicinanza della ferita, dove rimane sempre un certo appiattimento; quindi l'angolo α che prima dell' operazione è ordinariamente negativo rimane dopo l'operazione costentemente positivo; però il vertice dell' ellisse corneale che subito dopo l'operazione si era molto allontanato dal centro della cornea torna ad avvicinarvisi di nuovo più tardi, senza però raggiungerlo, per quanto dall' attento esame potei rilevare. Così nell' es. 3° con $\alpha = 6°,37'$ si aveva $\alpha' = 2°$. Una forma eccezionale ci presenta la curva del meridiano verticale dopo 67 giorni dell' estrazione nell' es. 2.° In esso $\rho_0 = \rho_1$ e ρ_2 è minore d'entrambi. Abbiamo detto sopra che significato abbiano geometricamente i diversi valori di α, però in nessuno di quei così abbiamo $\rho_0 = \rho_1$. È così costante che l'ellisse corneale presenti l'estremità del suo asse maggiore sulla cornea e noi abbiamo visito che dopo l'estrazione si ha la stessa disposizione, nella quale non potrà essere mai $\rho_0 = \rho_1$ perché ρ_1 è il più grande dei tre raggi. Questa condizione invece la si ritrova quando la curva ellittica in esame ci presenta sulla cornea, in luogo del vertice del suo asse maggiore, quello del suo asse minore, e rispetto al quale siano simmetricamente collocati i due raggi ρ_0 et ρ_1. La formula dell' ellisse può benissimo servire anche a calcolare le proprietà di tale curva. Della (*A*), facendo $\rho^0 = \rho_1$ si ha

$$\text{tang. } 2\alpha = -\text{ tang. } \varphi$$

il che significa che gli angoli 2α e ρ sono supplementari, onde

$$2\,\alpha = 180° - \varphi \qquad \text{e} \qquad \frac{\varphi}{2} = 90° - \frac{\varphi}{2}$$

Questo valore di α dimostra adunque che la curva corneale si è modificata durante la cicatrizzazione in maniera da rimanere ellittica, ma quest' ellisse corneale non presenta più, come è solito, sulla cornea l' estremità dell' asse maggiore, ma invece l' estremità dell' asse minore; nè ciò sorprende quando si osservi che questa curva ellittica ha una eccentricità minima, sicchè essa è molto vicina alla circolare, a tal punto che durante la misurazione dei raggi era dapprima rimasto in dubbio se l'arco compreso fra ρ_0 e ρ_1 non fosse circolare, ed ho quindi ripetuto le misure, però ho avuto gli stessi valori.

Ma il fatto della eccentricità piccola nelle curve ellittiche del meridiano verticale dopo l' estrazione, piuttosto che raro, è anzi quasi generale, non solo subito dopo l' estrazione, ma anche a cicatrizzazione completa.

Ciò è bene fissare onde poter dare il giusto valore all' azione del meridiano verticale dopo l' estrazione per la chiarezza delle imagini retiniche. Putscher (l. c.) fondandosi sull'ipotesi che la curva corneale dopo l' estrazione dovesse presentare nel meridiano verticale un forte appiattimento nella parte che corrisponde alla ferita, credette fosse necessaria una lente correttrice, la forza rifrattiva della quale crescesse gradatamente sino a raggiungere un massimo in vicinanza della cicatrice. Ciò è puramente teorico e le osservazioni oftalmometriche dimostrano che non si ha affatto tale necessità : imperocchè, vero è bene che il tratto corneale vicino alla cicatrice si appiattisce più di tutte le altre parti e che un certo appiattimento rimane per sempre dopo la cicatrizzazione completa, ma l' eccentricità della curva su questo meridiano non è affato maggiore di quella che si ritrova in condizioni fisiologiche con forza visiva normale. E noi sappiamo appunto che la curva della cornea produce tanto maggiori disturbi nella visione quando più grande è la sua eccentricità, perchè i raggi che attraversano le parti periferiche vanno e costituire circoli di diffusione (1). Or bene, dopo l' estrazione, anche nei casi in cui potesse per

(1) Parlo dei casi in cui l' eccentricità dell' ellisse è più grande che non richieda l' aberrazione di sfericità.

avventura rimanere tale modificazione nel meridiano verticale per cui la curvatura del mezzo della cornea presenti una minore convessità che il segmento opposto alla ferita, ($\rho_2 < \rho_0 < \rho_1$) onde, come abbiamo veduto sopra, l'angolo α si rende molto grande; pur non pertanto la forza visiva dell'infermo non viene gran fatto ridotta per queste ragioni.

Nell'esempio 7° questa forma di curva esistevà già prima dell'operazione nel meridiano orizzontale e tuttavia la vista era stata excellente; lo stesso fatto riscontrò Laqueur (l. c.) per il meridiano verticale di occhi normali. E in queste condizioni l'angolo α troppo grande non ha molta importanza, perchè, come sopra ho dimostrato, esso non rappresenta più l'angolo che la linea visiva fa col raggio del centro della cornea (che è α'); mentre d'altra parte la forma di tale curva, la quale parebbe dovesse produrre grandi circoli di diffusione perchè da un lato e dall'altro della linea visiva vi ha una forza rifrattiva diversa, tuttavia, essendo quasi circolare, non è gran fatto più nocevole di quello che lo sia una curva ellittica con forte eccentricità.

Riassumendo: in seguito all'estrazione di caterratta si ha:

1°. La curvatura della cornea non perde la sua forma ellissoide e le sezioni (meridiani) che passano per la linea visiva sono per lo più ellittiche, come prima dell'operazione.

2°. Nel meridiano parallelo al taglio aumenta l'eccentricità dell'ellisse corneale ed insieme si rende più convessa la curvatura della cornea; l'angolo α diminuisce, pur rimanendo positivo (la linea visiva si avvicina al centro).

3°. Nel meridiano perpendicolare al taglio l'ellisse corneale diminuisce tanto la sua eccentricità, da offrire una curvatura pressochè circolare; l'angolo α aumenta considerevolmente e diviene sempre positivo (aperto in basso), mentre la linea visiva passa quasi per il centro del meridiano corneale, onde l'angolo α' risulti quasi uguale a zero e il vertice dell'ellisse corneale si trova più basso del centro del meridiano.

Questi fatti che sono pronunziati nei primi giorni dopo l'estrazione diminuiscono in seguito, pur conservandosi alcuni diffinitivamente massime nel meridiano perpendicolare. Laonde possiamo dire, che le modificazioni deffinitive che troviamo

nella cornea dopo l' estrazione e che hanno importanza per la pratica non sono tali da disturbare fortemente la forza visiva. Nel meridiano parallelo alla ferita il leggiore aumento dell' eccentricità dell' ellisse corneale viene quasi compensato dall' avvicinarsi della linea visiva al centro della cornea, per cui da un lato e dall' altro si ha una forza rifrattiva quasi eguale; nel meridiano perpendicolare la curva si modifica avvicinandosi alla forma circolare, onde l' inconveniente che si riscontra, del non trovarsi cioè la linea visiva in posizione simmetrica rispetto all' ellisse corneale, diventa di poca importanza.

Per queste ragioni io credo che negli operati in cui la guarigione decorre normale, onde si puo presumere ragionevolmente che la nuova curvatura della cornea sia rigolare, non bisognerebbe preoccuparsi d' altro che del semplice astigmatismo che sogliamo riscontrare in corrispondenza della linea visiva, il quale è veramente quelle che può esser causa di circoli di diffusione. Che se non ostante la correzione astigmatica non si riesce a dare all' infermo la forza visiva normale ciò si deve piuttosto attribuire alle condizioni interne del bulbo principalmente alla deformità del forame pupillare, al pieghettamento della cristalloide che pur essendo trasparente deve disturbare la rifrazione dei raggi che l' attravarsano, ecc.

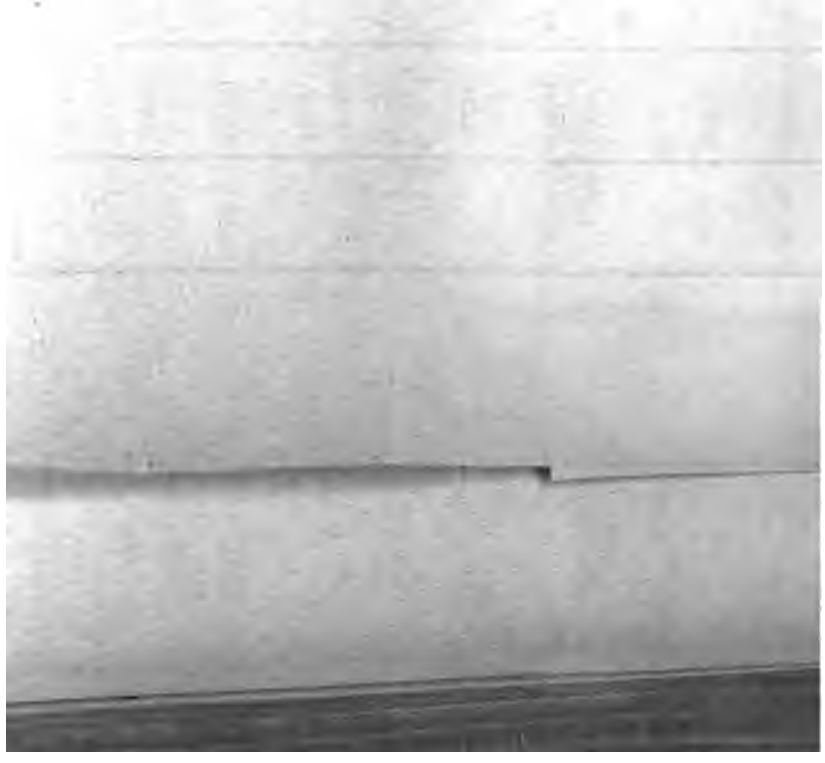
[A. — Je me suis permis de supprimer la troisième décimale dans le tableau annexé au mémoire de M. Scimemi.

B. — Dans une monographie sur l'astigmatisme, qui a paru il y a vingt-cinq ans dans la première édition des *Etudes ophtalmologiques* de Wecker, j'avais signalé l'As. des opérés de cataracte et fait connaître la diminution de l'asymétrie pendant les mois qui suivent l'opération. Depuis, ce sujet a été repris par plusieurs auteurs et en particulier par Chibret, qui, le premier, a indiqué l'action *simultanée et inverse* de l'opération sur les deux méridiens.

C. — Deux des *desiderata* de M. Scimemi trouvent satisfaction dans l'ophtalmomètre de 1889 où l'ouverture angulaire de l'arc de cercle et le diamètre du disque ont été augmentés.]

estrazione di cataratta.

	a semiasse maggiore	b semiasse minore	α angolo fra la linea visiva e l'asse dell'ellisse corneale	α' angolo fra la linea visiva e il raggio del centro della cornea	D diametro della cornea secondo l'angolo di apertura	D′ diametro della cornea col processo Donders
	8,904	8,259	+ 4° 18′		10,146	
	8,291	7,883	− 3° 28′			
	10,820	8,344	+ 3° 14′		9,312	
	9,270	8,582	+ 33° 22′			
	9,021	8,611	+ 6° 12′		11,225	11,75
	10,163	9 142	− 1° 2′			
	9,903	8,432	+ 1° 10′	+ 1° 40′	9,224	10,90
	10,376	9,470	+ 19° 12′			
	8,775	8,166	+ 7° 39′	+ 8° 15′		
	8,700	8,658	+ 80°	+ 4°		
	12,252	9,909	+ 4° 11′	+ 5° 2′	10,722	
	16,306	11,574	− 3° 1′			
	10,450	11,864	+ 2° 10′	+ 2° 59′	10,993	



XXXVII

VARIATIONS DE L'ASTIGMATISME CORNÉEN

AVEC L'AGE

par GEORGE-J. BULL

(*Soc. fr. d'opthalmologie*, 1889, p. 76.)

M^lle^ M..., une enfant très intelligente, a été examinée en 1879 par M. Javal. Il a trouvé un strabisme convergent de l'œil gauche et a prescrit plus tard la louchette en permanence pour l'œil droit, celui qu'il a considéré comme le meilleur.

En janvier 1887, j'ai examiné les yeux avec l'ophtalmomètre et j'ai trouvé un astigmatisme de 0,75 des deux côtés, le méridien le plus réfringent étant exactement vertical, et j'ai noté que, pour l'œil droit, je doutais qu'il fût réellement de plus de 0,5 dioptrie. Après atropinisation de l'œil droit, M. Javal a trouvé une hypermétropie de 2,5, et, avec l'ophtalmoscope, je l'ai estimée à 2, le seul signe d'astigmatisme à l'œil droit étant donné par l'ophtalmomètre.

En février 1887, l'ophtalmomètre nous a donné exactement tous les mêmes chiffres, 0,75 des deux côtés, et, l'œil gauche étant soumis à l'action de l'atropine, nous avons trouvé l'hypermétropie de 2,5, le même chiffre que pour l'œil droit.

En juin 1887, les yeux étant atropinisés de nouveau, nous avons trouvé, hypermétropie 2,5 des deux yeux, sans astigmatisme subjectif.

En juillet 1887, nous avons noté que, sans l'atropine, aucun cylindre n'est supporté par l'œil gauche.

En novembre 1887, examinant de nouveau avec l'ophtalmomètre, nous avons noté un astigmatisme de 0.75 des deux cor-

nées. L'enfant a commencé des exercices stéréoscopiques et autres, pour ramener la fusion des doubles images; elle a appris à les fusionner et à lire quelquefois binoculairement. La plupart du temps, elle portait la louchette sur l'œil droit.

En juillet 1889, l'enfant s'étant à plusieurs reprises plainte de ne pouvoir pas bien distinguer les lettres avec l'œil droit, j'ai mesuré de nouveau, et j'ai trouvé à gauche un astigmatisme de 1,25, et à droite, de 2.75. Très surpris de cette *augmentation* (de 0,5 dioptrie de l'œil gauche, et de 2 dioptries de l'œil droit), j'ai examiné la réfraction avec la boîte de verres, sans atropine, et j'ai trouvé l'œil gauche emmétrope, et l'œil droit astigmate de 2 dioptries. Le verre cylindrique produisait une amélioration très considérable dans la vision de loin et de près. A ma demande, M. Javal contrôla l'examen subjectif et objectif, et, se trouvant d'accord avec moi, donna $0°-0{,}5+0{,}5$; $0°-2+1$.

L'enfant et la mère nous assurent toujours qu'il y a *quelques mois seulement* qu'elle s'est aperçue d'un changement dans l'œil droit.

Je ne puis pas croire que trois fois de suite je me sois trompé de 2 dioptries avec l'ophtalmomètre, que M. Javal ait fait la même erreur, et qu'avec l'atropine, un astigmatisme aussi grand ait pu nous échapper à tous deux. Je suis donc obligé de croire que cet œil, qui n'a jamais eu de maladie apparente, a souffert une grande augmentation d'astigmatisme; et cependant dans l'état actuel de l'étiologie de l'astigmatisme, un tel changement est bien difficile à comprendre.

[Au moment de corriger cette épreuve, je viens de remesurer, avec M. Bull, l'As. de l'œil droit de M^lle M..., qui a quitté la louchette depuis quelques mois. Nous trouvons $0° \pm 2.25$. Il y a donc eu sûrement diminution.

Voici deux observations analogues :

		O. G.	O. D.
1° Thérèse G..., 8 ans.....	en 1888	0 ± 1.25	175 ± 2.5
strasbisme conv. de OD....	1889	8 ± 2.25	175 ± 2.75
Occlusion permanente de OG	1890	5 ± 2.5	175 ± 2.75
2° Marguerite J..., 5 ans.....	1883	0 ± 1.25	165 ± 1.5
strab. converg. de OD.....	1889	0 ± 1.25	165 ± 2.75
Occlusion permanente de OD	1889	0 ± 1.25	165 ± 3.25

Voilà donc trois enfants chez qui l'As. cornéen d'un œil non employé a augmenté sûrement.]

XXXVIII

UNE NOUVELLE MÉTHODE

POUR

MESURER LES RAYONS DE COURBURE DU CRISTALLIN

par M. le Dr TSCHERNING,

Directeur adjoint du laboratoire d'ophtalmologie de la Sorbonne.

(*Société française d'Ophtalmologie*, 1890.)

MESSIEURS,

J'ai l'honneur de vous exposer le principe d'un nouvel instrument, l'ophtalmophakomètre, destiné à mesurer les rayons de courbure du cristallin.

Il ressemble à l'ophtalmomètre de Javal et Schiötz, dépourvu du prisme biréfringent, ou plutôt à l'instrument que j'ai eu l'honneur de vous présenter l'année dernière, mais l'arc est arrangé pour y faire glisser :

1° Un curseur portant une forte lampe électrique; ce sont les images cristalliniennes de cette lampe qu'on observe.

2° Un second curseur portant une tige perpendiculaire au plan de l'arc; aux extrémités de cette tige sont fixées deux lampes électriques assez faibles pour que leurs images cornéennes soient seules visibles.

3° Un troisième curseur portant une tige également perpendiculaire au plan de l'arc, sur laquelle glisse une marque de fixation.

L'observation se fait en amenant l'image cristallinienne de la forte lampe à se trouver sur la même droite que les deux images cornéennes faibles.

Avant d'exposer ma méthode, je dirai quelques mots sur la nature des images qu'on observe. L'image formée par la cristalloïde antérieure n'est pas due à une simple réflexion par cette surface. Les rayons subissent en outre deux réfractions, l'une en entrant dans la cornée et l'autre en sortant. Mais on peut remplacer le système dioptro-catoptrique de la cornée et de la surface antérieure par une seule surface que j'appellerai la cristalloïde antérieure apparente, parce qu'elle est l'image de la cristalloïde antérieure vue à travers la cornée. Autrement dit, les images qu'on observe sont les mêmes qu'on aurait si la chambre antérieure était remplie d'air et limitée en arrière par la cristalloïde apparente. Cette surface serait située à peu près 1/2 millimètre en avant du cristallin et son rayon est de 15 millimètres environ au lieu de 10, qui est le chiffre de la vraie cristalloïde. La surface apparente et la courbure de la cornée étant connues, on peut déterminer la vraie surface par un calcul. Dans ce qui suit, j'emploierai l'expression de la cristalloïde antérieure pour désigner la surface apparente.

La même modification se présente aussi pour la surface postérieure; seulement, comme cette surface se trouve tout près du point nodal de l'œil, la surface apparente ne diffère que très peu de la vraie.

Au début de chaque mensuration, je me sers d'un système qui permet de trouver la normale à une surface réfléchissante. Supposez qu'on observe la surface à travers une lunette portant sur son axe un point lumineux; au moment où l'image de ce point se trouve au milieu du champ, l'axe de la lunette est normal à la surface.

En observant l'œil humain de cette manière, et en déplaçant l'instrument jusqu'à ce que l'image de la cornée et celle de la cristalloïde antérieure se couvrent au milieu du champ, l'axe de la lunette est normal aux deux surfaces et passe par conséquent par leurs centres (1) C et N (fig. 107). Je déplace maintenant ma lunette d'un angle donné b, tout en ayant

(1) Les surfaces sont supposées sphériques.

soin de garder l'image cristallinienne au milieu du champ. L'axe de la lunette continue alors à passer par N. Désignons par O l'endroit où son axe traverse la cornée. Je promène maintenant un autre point lumineux (*l*) jusqu'à ce que son image cornéenne coïncide avec l'image cristallinienne, et je mesure la distance angulaire entre la position de ce point et

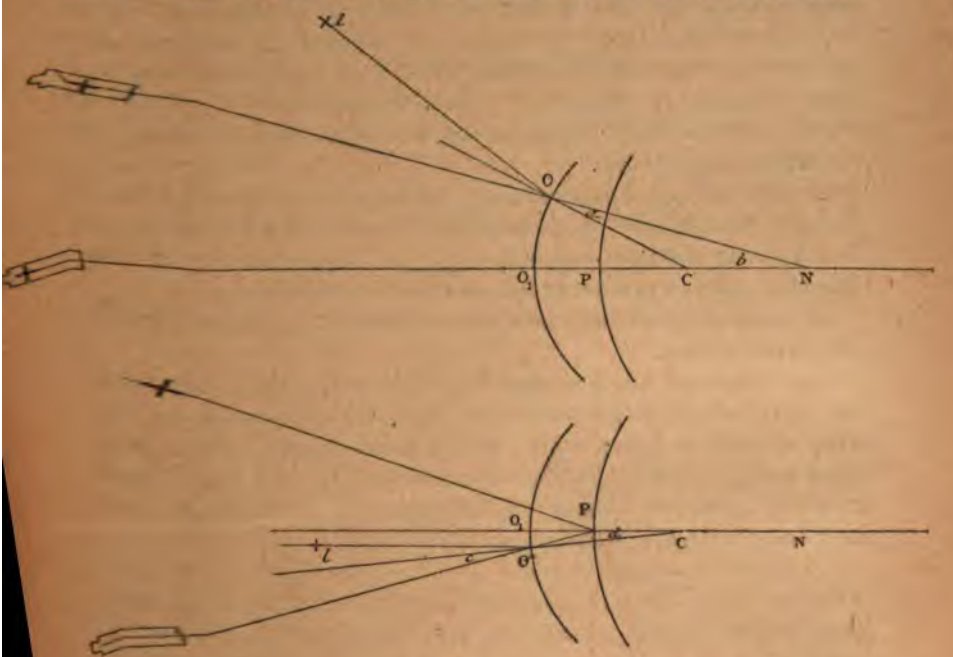


Fig. 107 et 108.

celle de la lunette. L'angle N O C = *a* est égal à la moitié de cet angle. Je connais maintenant dans le triangle N O C l'angle O N C = *b*, l'angle N O C = *a* et le côté C O qui est le rayon de la cornée, que nous supposons mesuré. Je peux donc trouver NC, et en y ajoutant le rayon de la cornée CO, j'ai la distance NO, du centre de la cristalloïde antérieure jusqu'à la cornée.

Il s'agit maintenant de trouver la place P de la surface même. La méthode ressemble beaucoup à celle que je viens de décrire. Une fois la ligne du centrage (C N) trouvée, je place d'un côté la lampe, d'un autre la lunette (sans lampe),

symétriquement par rapport à cette ligne. Au moment où j'ai l'image cristallinienne au milieu du champ, l'axe de la lunette passe par le point P (fig. 108).

Je fais coïncider l'image cornéenne d'une petite lumière *l* avec l'image cristallinienne. L'angle P O C = *c* est égal à la moitié de la distance angulaire de la petite lumière jusqu'à la lunette. Cet angle nous donne, avec l'angle *d*, formé par l'axe de la lunette et la ligne N P, et avec le rayon de la cornée les moyens pour déterminer le triangle P C O et, par conséquent, pour connaître la distance P C. En retranchant P C de la valeur du rayon de la cornée, nous aurons la distance de la cristalloïde à la cornée.

On peut encore, d'une manière analogue, trouver la place du foyer (catoptrique) de la surface ; comme il doit se trouver à milieu de distance entre N et C, sa détermination nous donne un moyen précieux pour contrôler les résultats.

La méthode peut aussi bien être employée pour la cristalloïde postérieure.

Le temps me manque pour indiquer ici les changements que la méthode exige pour être exécutée en pratique. Je dirai seulement que partout où j'ai parlé de faire coïncider deux images, cette opération est remplacée par une autre qui consiste à amener l'image cristallinienne à se trouver sur la même droite que deux images cornéennes.

La méthode semble pouvoir donner la première décimale avec exactitude. Je serai plus affirmatif sur le degré de précision obtenu, quand j'aurai pu faire un grand nombre de mesures.

XXXIX

SUR L'EXAMEN OPHTALMOMÉTRIQUE

ET OPTOMÉTRIQUE

DE 621 YEUX ASTIGMATIQUES

par M. GEORGE J. BULL (Paris).

(*Société française d'Ophtalmologie*, 1890.)

Depuis que l'usage de l'ophtalmomètre a commencé de se répandre, tous les observateurs ont remarqué entre l'examen fourni par l'examen ophtalmométrique et l'examen subjectif de l'astigmatisme des différences assez notables, dont les lois et dont les causes paraissent jusqu'ici n'avoir pas encore été déterminées. Comme j'ai fait à ce sujet un grand nombre d'observations, il me paraît intéressant d'en communiquer le résultat au Congrès.

Je prends pour base de mes explications les observations que j'ai notées sur 544 yeux d'adultes que j'ai examinés récemment. Sur ce chiffre total, 384 yeux présentaient un astigmatisme cornéen selon la règle. Quand j'ai contrôlé l'examen ophtalmométrique par l'examen avec la boîte de verres, j'ai trouvé dans 64 cas (16 p. 100) une différence d'astigmatisme en *moins* d'un quart de dioptrie; dans 94 cas (25 p. 100) cette différence était d'une demi-dioptrie; dans 118 cas (31 p. 100), de trois quarts de dioptrie; dans 52 cas (14 p. 100), d'une

dioptrie; dans 25 cas (6. p. 100), d'une dioptrie et un quart; et dans 4 cas (1 p. 100), d'une dioptrie et demie (1).

Dans 14 cas je n'ai constaté aucune différence.

Dans 13 cas j'ai trouvé une différence d'astigmatisme en *plus* variant d'un quart à trois quarts de dioptrie.

Comme on le voit, il y a entre les deux modes d'examen une différence moyenne d'astigmatisme en *moins* d'un peu plus d'une demi-dioptrie.

Dans le cas d'astigmatisme cornéen *contraire à la règle*, ce sont au contraire les différences en plus qui sont les plus fréquentes et les plus considérables.

Sur 63 yeux, l'examen subjectif a révélé une différence en *plus* d'un quart de dioptrie dans 21 cas (33 p. 100); d'une demi-dioptrie dans 11 cas (17 p. 100); de trois quarts de dioptrie dans 10 cas (16 p. 100); d'une dioptrie dans 3 cas (4,75 p. 100); d'une dioptrie et quart dans 2 cas (3,25 p. 100).

J'ai constaté une différence en *moins* d'un quart de dioptrie dans 8 cas. Il n'y avait aucune différence dans 8 yeux. Dans aucun de ces cas d'astigmatisme contraire à la règle la différence constatée n'était suffisante pour changer le sens de l'astigmatisme. J'ai groupé à part, au nombre de 90, les cas d'astigmatisme dit oblique, c'est-à-dire ceux où les méridiens principaux de la cornée ou de tout l'œil se trouvent aux environs de 45 degrés du méridien vertical (entre 20 et 70 degrés, et entre 110 et 160 degrés). Les cas dans ce groupe ne se comportent point d'une manière spéciale. Dans les cas où le méridien de plus grande courbure se rapproche de la verticale, la différence constatée par les deux modes d'examen est analogue à celle que l'on observe dans le cas d'astigmatisme selon la règle; quand le méridien se rapproche de l'horizontale, cette différence est analogue à celle que nous avons remarquée à propos de l'astigmatisme contraire à la règle.

Dans sept cas, l'examen ophtalmométrique n'a révélé d'astigmatisme d'aucune sorte; mais dans quatre de ces cas l'examen subjectif a indiqué un astigmatisme contraire à la

(1) Il résulte, en outre, de ces observations que dans trente-neuf de ces cas où l'examen ophtalmométrique indiquait un astigmatisme cornéen selon la règle d'un quart à une dioptrie, l'examen subjectif a fait découvrir, en réalité, un astigmatisme total contraire à la règle.

règle de 0,25 à 0,75 de dioptrie. Dans les trois autres, j'ai seulement constaté de l'hypermétropie simple.

Tous les yeux sur lesquels ont porté les observations que je viens d'avoir l'honneur de vous communiquer appartiennent à des adultes. Chez les jeunes gens de sept à vingt ans l'on dit que l'on constate plus rarement de l'astigmatisme, quoique l'astigmatisme cornéen révélé par l'examen ophtalmométrique soit assez souvent considérable ; et on conclut que chez les jeunes gens l'astigmatisme est corrigé par un spasme dit astigmatique du muscle ciliaire. Afin de vérifier l'exactitude de ces suppositions, j'ai noté à part mes observations sur 77 yeux de jeunes gens que j'ai examinés récemment.

Les différences trouvées entre les chiffres de l'examen objectif et subjectif de l'astigmatisme concordent exactement avec celles que j'ai relevées chez les adultes ; il résulte aussi pour moi, d'observations nombreuses et très diverses dans le détail desquelles je ne puis entrer ici, que l'astigmatisme se comporte chez les jeunes gens de la même manière que chez les adultes, ce qui me conduit à mettre en doute l'hypothèse du spasme partiel du muscle ciliaire.

Dans un autre ordre d'idées, les résultats des deux modes d'examen m'ont fait découvrir un phénomène intéressant. Parmi les 621 yeux examinés, j'ai trouvé dans un assez grand nombre (202), entre le méridien de plus grande courbure de la cornée et le méridien principal indiqué par l'examen subjectif, un écart d'au moins 5 degrés. Dans 91 p. 100 des cas où j'ai noté cette différence, c'est le méridien indiqué par l'examen subjectif qui se trouvait le plus près de l'horizontale.

Il résulte de ces observations que dans les cas d'astigmatisme selon la règle et contraire à la règle, il semble y avoir dans l'intérieur de l'œil un appareil statique qui produit un astigmatisme contraire à la règle d'environ une demi ou trois quarts de dioptrie, ce qui correspond approximativement à la moyenne des différences que j'ai trouvées. Cette hypothèse paraît être confirmée par de récentes expériences faites par M. Tscherning au laboratoire de la Sorbonne, qui en effet, en examinant avec un très grand soin un certain nombre d'yeux pour déterminer la position du cristallin, a trouvé dans tous les yeux examinés que le cristallin était placé obliquement,

incliné d'environ 5 ou 7 degrés autour d'un axe plus ou moins vertical. L'existence de cette obliquité explique également la différence que j'ai trouvée entre la position du méridien de plus grande courbure de la cornée et celle du méridien principal indiqué par l'examen subjectif. J'ai donc toute raison de croire à l'obliquité du cristallin dans la très grande majorité des yeux.

Avant de terminer, je dois protester contre l'idée que pourraient avoir fait naître mes observations dans quelques esprits, que l'ophtalmomètre n'est pas, dans la pratique, d'une aussi grande utilité que l'on pensait. Il est vrai que les résultats qu'il donne directement sont insuffisants, mais comme ils sont en corrélation intime avec ceux que donne l'examen subjectif, ils constituent une indication extrêmement précieuse qui rend l'examen subjectif beaucoup plus rapide et plus précis.

M. Georges Martin. — Je dois faire quelques réserves au sujet de la communication de M. Bull. Je me contenterai de dire qu'il me semble difficile de comparer le degré de l'inclinaison de l'astigmatisme objectif avec celui du subjectif, quand il s'agit d'asymétrie inférieure à 1 dioptrie, par le motif qu'il est souvent impossible de préciser, à 15 degrés près, la direction du méridien de maximum de courbure de la cornée. Avec le nouveau modèle d'ophtalmomètre de Javal, une détermination exacte de l'inclinaison de ce méridien est chose facile, mais avec le premier modèle, que M. Bull et moi avons entre les mains, la chose m'a souvent paru impossible.

XL

DESCRIPTION

OF JAVAL'S NEW OPHTHALMOMETER

MODEL OF 1889

By H. DRAPER SPEAKMAN, M. D., Ph. D., New York,
Assistant surgeon, Manhattan eye and ear hospital; instructor in diseases of eye and ear in post-graduate medical school.

(Reprinted from the *Archives of Ophthalmology*, vol. XIX, n° 1, 1890.)

The latest model of Javal's ophthalmometer differs in so many respects from the preceding forms of the instrument, and as it undoubtedly furnishes us with the best objective test of astigmatism that we possess, and is destined to a great future in the hands of oculists, perhaps a description of it may be of interest.

The new model differs from the preceding ones as follows: The barrel of the instrument is much shorter and has a larger diameter; its advantages over the old one are that it gives a much better illumination and is achromatic. This latter result has been obtained with the greatest difficulty. Its objective, composed of a Wollaston bi-axial prism (which doubles the corneal reflections) placed between two bi-convex lenses, has in addition a third bi-convex lens, which shortens the posterior foci of the two images, which foci are marked by a thread of spider's web. The ocular is a compound microscope, and should be accurately focussed on this thread by each observer. There is an arm or arc carrying the measures, which arc is marked in dioptries only. The barrel, instead of being fixed on a horizontal plane, is bent at an angle upward; this is also for better illumination. The large white wheel surrounding this instru-

ment is not found in the old model. This wheel has the degrees marked on its circumference in corresponding quadrants, and has been revolved on its axis until 90° takes the position of 180° : this is because it is to be read for a concave cylinder used in correction. In the corneal reflections the inverted numbers assume their proper position and yield a complete circle of degrees; any and all axes therefore can be easily read directly from the cornea. The outer white circle carrying the numbered meridians is brilliantly reflected on the cornea. The inner black perforated circles absorb light, and are not reflected upon the cornea, while all the white enamelled parts are clearly visible. From the centre to the periphery of the wheel is 45°, and each 5° from the centre to that point is marked on the radii; it is also marked in dioptries. By requiring the patient to look at any designated degree on the wheel, the cornea can be measured at that angle. There is also a scale on one of the radii adapting the instrument to pupillometry. There are also two scales on the inner circles marking the 360° of the circle. The outer scale marks every fifth degree, and the inner one every tenth degree. There is in addition a movable circular piece of black metal, which may be attached either behind or in front, and protects the observer from the glare consequent on facing the light, for this instrument requires a strong light, whether natural or artificial. Attached to the centre of the arc and at right angles to it is an indicator, which moves with the arc and points out the numbers of the meridian on the periphery of the wheel, at right angles to the one indicated by the pointers on the measures. Of the two measures, the one bearing the white rectilinear figure, is fixed in position, and the other one slides back and forth on the arc. This movable one has white enamelled blocks, each one of which is calculated to express one dioptry of corneal curvature, or a power equal to a cylinder of the strength of one dioptry. It is so arranged that it can measure thirteen dioptries of astigmatism. Black velvet has been used as a background for these measuring blocks, on account of its light-absorbing properties. As a practical instrument, this model is far superior to the preceding ones, and will give remarkably accurate results to those who master the proper method of using it.

XLI

ÉTUDES CLINIQUES

D'OPHTALMOMÉTRIE

par le Dr GEORGES MARTIN (Bordeaux).

M. Javal nous a demandé, pour l'insérer à cette place, une analyse des travaux que nous avons publiés, depuis 1883, sur l'astigmatisme. Ces travaux comportent un total de près de 300 pages ; c'est assez dire que nous ne pouvons en donner ici qu'un très court résumé. Nous nous bornerons donc à indiquer les résultats obtenus en y joignant les détails statistiques les plus indispensables pour convaincre le lecteur de l'exactitude des faits énoncés. Nous donnerons un peu plus de développement aux travaux que nous avons publiés dans les recueils difficilement accessibles et nous résumerons plus brièvement les parties parues dans les *Annales d'Oculistique* qui sont à la disposition de tous les confrères de la spécialité.

Nos diverses publications sur l'astigmatisme peuvent être classées dans neuf chapitres distincts :

1° La kératite scrofuleuse et l'astigmatisme de la cornée (kératite astigmatique);

2° Les affections de l'œil et de ses annexes occasionnées par l'astigmatisme;

3° L'astigmatisme et les migraines;

4° Des variations dans le degré et le sens de l'astigmatisme cornéen chez les glaucomateux;

5° L'astigmatisme associé;

6° Études sur les contractions astigmatiques du muscle ciliaire;

7° Croissants de la papille et contractions astigmatiques;

8° Rôle des contractions partielles dans la production et l'accroissement de la myopie;

9° L'amblyopie des astigmates.

§ I. — La kératite scrofuleuse et l'astigmatisme de la cornée (1).

(KÉRATITE ASTIGMATIQUE.)

On observe assez fréquemment, pendant la période de l'adolescence, des kératites, le plus souvent doubles, constituées par des pustules multiples, des infiltrations et ulcérations superficielles et par une vascularisation anormale. Lentes à guérir, d'une rechute facile, interrompant les travaux scolaires ou obligeant à un changement de profession, ces ophtalmies provoquent toujours un abaissement persistant de l'acuité visuelle, par le fait des taches indélébiles auxquelles elles donnent naissance.

Ces kératites ont été considérées jusqu'à ce jour uniquement

(1) Dix communications : 1° *Acad. Sciences*, août 1883. — *Annales d'Oculist.* T. XC, p. 14. — 2° *Ann. d'O.* T. XC, p. 18. — 3° *Ann. d'O.* T. XC, p. 176. — 4° *Ann. d'O.* T. XCI, p. 44. — 5° *Rev. gén. d'Oculist.* T. III, p. 145. — 6° *Ann. d'O.* T. XCI, p. 209. — 7° *Ann. d'O.* T. XCII, p. 37. — 8° *Ann. d'O.* T. XCVII, p. 287. — 9° *Société m. et ch. de Bordeaux*, 19 oct. 1883. — *Journal m. de Bordeaux*, décembre 1883. — 10° *Contractions astigmatiques.* Delahaye, in-8°, Paris, 1887, p. 225.

comme une manifestation de la scrofulose. Sans nul doute, certaines ne reconnaissent que cette cause ; mais il y a d'autres, et beaucoup, où il faut faire intervenir un autre facteur : l'astigmatisme.

La prédisposition apportée par le tempérament ne fait jamais absolument défaut ; sans cela, tous les astigmates devraient être atteints de cette ophtalmie. Mais, comme le malade ne présente parfois qu'un lymphatisme léger, que les traitements généraux indiqués par la diathèse sont à eux seuls tout à fait impuissants, que les soins locaux inspirés par la présence de l'asymétrie amènent rapidement une guérison, qu'enfin le port de cylindres correcteurs écarte les rechutes d'une manière beaucoup plus sûre que les toniques et les anti-scrofuleux, il nous a paru *pratique* de créer l'entité morbide « kératite astigmatique ».

Dans le principe, nous n'avons accusé de produire cette kératite que les degrés d'asymétrie supérieurs à 1,50 D. Aujourd'hui, que ces quantités ont à nos yeux des conséquences morbides bien manifestes, nous ne faisons aucune difficulté à admettre que des degrés moins prononcés peuvent avoir une action aussi nocive.

Ce n'est pas l'astigmatisme statique qui est la cause directe des manifestations diathésiques ; ce sont les contractions partielles imparfaitement correctrices de cet astigmatisme. Le danger n'est pas dans les contractions présentes, comme certains passages de nos premières publications peuvent le faire croire, mais dans les efforts que fait l'œil pour arriver à une correction plus complète. On comprend que ces efforts de la part du ciliaire amènent à la longue, surtout chez les écoliers, des désordres dans la circulation et dans la nutrition du globe et principalement dans une membrane dont la trame est dépourvue de vaisseaux sanguins. Cette influence de l'accommodation trouve sa confirmation clinique dans les deux faits suivants :

1° L'atropinisation locale, à hautes doses, des deux yeux, *qui seule annihile les mouvements accommodatifs*, est le moyen le plus efficace pour hâter la guérison ;

2° Le port des verres cylindriques écarte, d'une manière à peu près certaine, les rechutes si fatales, quand l'accommoda-

tion continue à se livrer à des mouvements compensateurs de l'inégalité de réfraction des méridiens.

Nous terminions une de nos premières communications par cette prédiction que sept nouvelles années de pratique ont pleinement confirmée :

« Il est permis de penser que désormais la physionomie de la kératite scrofuleuse (astigmatique) sera complètement transformée ; au lieu d'une forme grave, on sera en présence d'une forme atténuée. On n'observera plus ces ophtalmies interminables, douloureuses pour le patient, compromettantes pour sa vision, retardant ses études, les empêchant même, et toujours d'un effet nuisible sur sa santé. Elles seront remplacées par des kératites légères, bénignes, d'un traitement facile et sûr ; on aura même en son pouvoir le moyen de les éviter. »

Nos recherches sur la kératite astigmatique parurent trop tôt. Les contractions asymétriques, correctrices, n'étaient pas encore assez connues. On n'avait aucune raison pour voir dans leur manifestation exagérée une cause de fatigue, un motif de trouble dans les actes nutritifs de certains tissus de l'œil. On considérait encore un organe astigmate simplement comme un instrument d'optique mal construit et seulement capable d'engendrer sur la rétine des images déformées. Cela explique pourquoi nos affirmations nous suscitèrent plusieurs critiques.

Certains nous dirent : « L'astigmatisme constaté chez vos malades est non la cause de la kératite, mais l'effet. »

Prouff (de Limoges), au nom de la *sclérotoscopie*, qui lui avait appris que les yeux atteints de la kératite scrofuleuse, grave, ne présentaient pas d'aplatissement dans la région équatoriale, déclarait que leur asymétrie cornéenne n'était que la conséquence des lésions de l'ophtalmie. L'affirmation de notre confrère était trop absolue pour n'être pas tout au moins un peu exagérée. Elle conduirait, en effet, à conclure que les astigmates, loin d'être prédisposés aux inflammations scrofuleuses de la cornée, le seraient moins que ceux dont les yeux sont parfaitement conformés

A l'aide d'un instrument spécial nous fîmes alors des recherches sur la forme de l'œil des astigmates et nous arrivâmes aux conclusions suivantes, qui diffèrent assez de celles de notre contradicteur :

1° L'astigmatisme de naissance est souvent accompagné d'aplatissement de l'œil, mais non toujours ;

2° Dans la moitié des cas, les taies de la cornée, engendrées par une kératite, coïncident avec un aplatissement de l'organe.

De Wecker, de son côté, ne crut pas à la préexistence de l'astigmatisme. « Nous sommes, dit-il, à même de fournir la preuve par de nombreux faits, que les kératites laissent des opacités cornéennes accompagnées... d'un état astigmatisque... régulier. »

Notre ancien maître nous opposa trois faits : deux d'entre eux étaient des astigmatismes engendrés par la cicatrisation d'un ulcère cornéen consécutif à une ophtalmie purulente; le troisième résultait d'une kératite dont la cause n'est pas signalée.

Nous répondîmes : « Si M. de Wecker veut prouver qu'il existe des astigmatismes résultant de kératites, il se donne une peine parfaitement inutile, car depuis White Cooper, des faits de ce genre ont été signalés de toutes parts en si grand nombre, que les trois cas qu'il apporte n'ajoutent pas beaucoup à nos connaissances sur ce point. » Nous écrivîmes également : « Qu'oppose à nos observations le Dr de Wecker? Des faits, oui! mais d'un ordre tout différent. Quelle comparaison peut-on établir entre les lésions anatomiques de la très grande majorité des kératites scrofuleuses et celles occasionnées par l'ophtalmie purulente? Chez tous nos sujets, les lésions observées étaient superficielles, non ulcéreuses, caractérisées par des infiltrations formant un ou plusieurs îlots légèrement opaques. Ce n'étaient jamais des leucomes, mais des albugos et le plus souvent des nuages. Le tableau est bien différent de ces ulcérations étendues, profondes et si souvent perforantes de l'ophtalmie purulente. Dans les premiers faits, les déformations de courbure des méridiens, si elles se produisent, sont peu intenses, tandis qu'elles sont absolument obligatoires et d'un degré élevé dans les faits de la seconde catégorie. » Nous n'avons jamais compris qu'un clinicien de la valeur de de Wecker ait pu appuyer sa critique sur de tels faits. Dans la kératite scrofuleuse, le processus réparateur ne peut qu'engendrer des inégalités de réfraction dans un même méridien, rendre irré-

gulier un astigmatisme régulier, co
avons pu le constater. Il ne peut proc
astigmatisme régulier. Or, plus des d
présentaient uniquement cette variété

Nous n'eussions pas rencontré ces
pu affirmer que nos malades possé
avant l'apparition de leur kératite. No
où cette constatation avait eu lieu ; m
jointe à de nombreuses probabilités,
tous.

Les probabilités sont celles-ci :

a. — Dans les cas rares où la kérati
seul œil, bien que nous ayons trouvé l
il est peu logique de penser que, sur
une origine congénitale, et que, sur l'
quence de l'inflammation. Il vaut mie
matisme avait sur les deux organes un
congénitale, et que, si un œil a été se
porteur d'un degré plus élevé d'asymé

b. — Si la kératite joue un rôle
l'astigmatisme, la différence entre les
menter à mesure que les attaques se
de sujets, nous avons remarqué qu'un
plusieurs crises répétées n'augmente
l'asymétrie.

c. — Si l'astigmatisme est le proc
devrait observer la plus grande divers
méridiens principaux. Or, nous avons
l'astigmatisme selon la règle est l'an
la direction des méridiens principaux
fort peu de l'inclinaison que l'on renc
non atteints de kératite. Du reste, da
cutif, l'aspect des mires de l'ophtalmon
les images sont fort irrégulières de fo
tournant l'arc de l'instrument en de
opposés, on voit se présenter des degr
différence notable ; enfin, si l'on fait
deux prismes bi-réfringents d'une forc

le plus activement en jeu, on ne peut en induire que no[illegible]re théorie soit fausse. L'adaptation pour la vision rapprochée [illegible]'a pas besoin d'exister pour que les corrections partielles [illegible]se produisent. Ces contractions ont une existence perpétue[illegible]lle (excepté chez les myopes), aussi bien dans la vision de lo[illegible]i que dans celle de près. Mais, nous direz-vous, l'enfant [illegible] trois ans dans l'exercice de sa vision ne doit pas utiliser fort[illegible] ment son ciliaire? Ce n'est pas notre avis. Ce n'est pas non pl[illegible] — pensons-nous — l'avis de Donders ni d'aucun de ceux qu[illegible] après lui, ont admis l'origine hypermétropique du strabism[illegible] convergent. Si les contractions générales du ciliaire so[illegible] capables, à l'âge de deux ou trois ans, d'être la cause de l[illegible] plupart des cas de cette variété de strabisme, nous ne voyon[illegible] pas pour quel motif on refuserait aux contractions partielle[illegible] de cet âge une influence néfaste sur la nutrition de la cornée.

Nos contradicteurs pensent que la scrofulose est suffisant[illegible] pour expliquer l'apparition des kératites graves. C'est dire qu'ils admettent encore cette diathèse qui, à l'heure actuelle, est fortement battue en brèche. Chez nos malades, nous pouvons dire que les manifestations que l'on attribuait autrefois à cette cause générale, étaient souvent absentes. Parfois, il n'y avait qu'un léger lymphatisme, et rien de plus. Supposons pour un moment que la scrofulose soit l'élément indispensable, il resterait toujours à expliquer pourquoi, chez certains sujets, l'ophtalmie se trouve localisée à un seul œil. L'explication pour nous est facile : la kératite se déclare sur l'œil le plus astigmate, ou, quand l'anomalie ne porte que sur un seul organe, ce dernier se trouve seul atteint.

Nous avons d'ailleurs toujours dit que, dans ces kératites : « Le mauvais état général jouerait le rôle de cause prédisposante, l'astigmatisme, celui de cause occasionnelle. Si la constitution est fort mauvaise ou la misère physiologique profonde, une dose relativement minime de travail oculaire sera la cause d'une crise de kératite. Inversement, si la santé s'améliore avec l'âge et les soins, les rechutes ne se perpétueront pas. »

Depuis la publication de ces études, deux nouvelles théories relatives à la genèse des kératites scrofuleuses ont vu le jour : celle des microbes pathogènes et celle des affections nasales préexistantes. Si les microbes existent réellement, nous conti-

nuerons cependant à accuser les efforts ciliaires et penserons que les troubles de circulation qu'ils amènent du côté de la cornée ont préparé le milieu favorable à la pullulation microbienne. Quant aux affections nasales, leur antériorité constante ne nous est nullement prouvée. Le serait-elle? rappelons-nous les rapports nerveux et vasculaires qui unissent l'œil et la pituitaire et nous comprendrons que les efforts ciliaires peuvent porter l'irritation et la congestion aussi bien sur la pituitaire que dans la conjonctive. Pour nous, les lésions de ces deux membranes reconnaîtraient la même étiologie.

§ 2. — Des affections de l'œil et de ses annexes occasionnées par l'astigmatisme (1).

Pour apprécier si l'astigmatisme intervient dans la production de certaines kératites, il ne faut pas se contenter d'étudier cette maladie. La présence simultanée de la lésion cornéenne et d'un certain degré d'astigmatisme ne suffit pas pour entraîner la conviction. Tant qu'on aura pas observé un certain nombre de kératites chez des sujets préalablement reconnus astigmates — ce qui demande des années — on restera hésitant. Nous pensâmes (1884) que la voie la plus courte pour élucider la question, était d'étudier le rôle joué par l'astigmatisme dans la production de diverses autres maladies de l'œil et de ses annexes.

En 1876, John Roosa et Kaysser avancèrent que l'amétropie paraissait être la condition des yeux affectés d'inflammations

(1) Des inflammations de l'œil et de ses annexes, *Congrès intern. des Sciences médic. de Copenhague*, 1884; analyse, *Annales d'Ocul.*, T. 92, p. 117. — Du blépharospasme astigmatique, *Annales d'Ocul.*, T. 91, p. 231. — Étiologie de la cataracte, *Société franç. d'opht.*, 1885, p. 42; analyse, *Annales d'Ocul.*, T. 93, p. 76. — Contractions astigmatiques, Delahaye, Paris, 1887. — Asthénopie astigmatique, *Écho médical de Toulouse*, 1890, nos 14, 15 et 16.

conjonctivales et de blépharites ciliaires et que l'hypermétrop[illegible] constituait l'erreur de réfraction le plus souvent en cause.

A la même époque, Badal plaça le point de départ le pl[illegible] fréquent des maladies des voies lacrymales « dans l'hyperm[illegible] tropie d'un léger degré ».

Il est hors de doute que, dans quelques cas, l'hypermétrop[illegible] est la cause productrice de ces affections; mais, dans l[illegible] majorité, c'est l'astigmatisme qui doit être incriminé. Si, dan[illegible] les investigations cliniques de ces confrères, l'astigmatisme ne s'est pas présenté, cela tient aux raisons suivantes :

1° *Que les faibles degrés d'astigmatisme cornéen échappent à une observation subjective, pendant la période où le muscle ciliaire est capable de compensation ;*

2° *Que, chez quelques sujets, de faibles degrés d'astigmatisme prennent l'apparence de l'hypermétropie, si l'on se borne à pratiquer la mesure de la réfraction par la méthode de Donders et même à l'aide d'optomètres* (1).

Pour rencontrer l'astigmatisme, il faut aller à sa recherche avec l'ophtalmomètre; et, pour ne pas noter de l'hypermétropie manifeste dans les cas où en réalité il n'en existe pas, il convient de ne déterminer la réfraction qu'après avoir corrigé l'anomalie de courbure.

Dans l'opinion de nos confrères, c'étaient les contractions générales du muscle ciliaire sollicitées par l'hypermétropie qu'il fallait accuser; pour nous, qui mettons en cause l'astigmatisme, ce sont les contractions partielles de ce muscle que nous incriminons.

Lorsque la cornée d'un ophtalmique est symétrique, il ne faut pas en induire qu'il n'y a pas d'astigmatisme en cause. Des contractions partielles spasmodiques peuvent exister. Rien n'est plus significatif que ces contractions remplaçant les correctrices, car, en dernière analyse, dans les deux ordres de faits, on est en présence d'un même phénomène.

(1) Cela s'observe lorsque l'œil est le siège d'une contraction partielle élastique. On devra prévoir cette absence d'hypermétropie, lorsque le verre positif employé n'améliore pas sensiblement la vision et qu'il fait apparaître au cadran rayonné une ligne plus noire.

Il nous fallait prouver que l'astigmatisme n'était pas le fait d'une simple coïncidence, mais qu'il existait un rapport évident de cause à effet entre l'état de réfraction et la manifestation morbide.

Ce rapport se trouve établi :

1° Par ce fait, plusieurs fois constaté, qu'une ou plusieurs de ces manifestations se sont reproduites, *à diverses reprises, toujours sur le même œil, le seul atteint d'astigmatisme;*

2° Par les merveilleux résultats thérapeutiques obtenus par les médicaments qui paralysent le muscle ciliaire (atropine *larga manu* et dans les deux yeux et même en injections hypodermiques);

3° Par la vertu préservatrice, dans maintes circonstances, des verres parfaitement correcteurs de l'astigmatisme subjectif, portés sans interruption;

4° Par les divers résultats statistiques obtenus dans les cas de larmoiement, de blennorrhée du sac, de chalazion, de blépharite, de conjonctivite (irritative, phlycténulaire, chronique), de kératites (phlycténulaire, scrofuleuse grave).

A. — Nous avons recherché combien sur 100 astigmates, atteints d'une même affection, il y en avait avec une asymétrie d'*au moins* 0.50, 0.75, 1, 1.50, 2, 3 D. (1). Les chiffres que l'on obtient, en procédant ainsi, n'ont pas besoin de commentaires, tellement ils diffèrent de ceux que l'on trouve, quand, au lieu de les recueillir chez les astigmates malades, ils sont fournis par des sujets bien portants pris au hasard. On verra qu'autant les hauts degrés d'astigmatisme sont rares chez ces derniers, autant ils deviennent fréquents chez nos divers ophtalmiques.

Pour établir ce tableau comparatif, nous nous sommes servi des chiffres de Nordenson.

Nous donnons, dans les deux tableaux suivants, les proportions trouvées par Nordenson pour les yeux des écoliers et les proportions trouvées par nous pour les diverses maladies.

(1) Le mot *au moins* veut dire que les astigmatismes par exemple de 0.50 comprennent d'abord ceux de ce chiffre, et, en plus, ceux plus élevés que ce chiffre; ceux de 0.75 comprennent ceux de ce chiffre et ceux supérieurs, etc.

70,0	ayant au moins	0,50 D.
43,0	—	0,75 —
29,0	—	1,00 —
7,1	—	1,50 —
3,3	—	2,00 —
1,4	—	3,00 —

Dioptries.	Larmoiement 121 cas.	Blennorrhée 130 cas.	Chalazion 62 cas.	Blépharite 213 cas.	Conjonctivite irritative 73 cas.	Conjonctivite phlycténulaire 72 cas.	Conjonctivite chronique 86 cas.	Kératite phlycténulaire 48 cas.	Kératite scrofuleuse 165 cas.
0,50	95,1	89,2	93,0	95,7	97,2	97,2	97,6	79,0	»
0,75	85,4	81,5	74,0	77,4	79,6	86,1	88,3	62,6	96,1
1,00	69,3	55,3	50,0	57,7	58,5	61,1	67,4	50,0	92,0
1,50	34,5	21,5	12,0	29,1	27,3	44,4	51,4	29,0	82,8
2,00	20,0	9,2	9,6	17,1	13,7	11,1	30,2	0,0	68,1
3,00	8,0	7,6	0,0	9,3	1,3	5,5	0,0	0,0	43,9
4,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9
5,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2

B. — Les cas sans astigmatisme cornéen sont rares : Nordenson, sur 462 yeux pris au hasard, n'en a trouvé que 42, ce qui donne une proportion de 9.4 p. 100.

Dans les susdites maladies, la proportion est moins élevée, comme le prouvent les chiffres suivants :

Larmoiement	2	cas sur	154	soit 1,2 p. 100	
Blennorrhée	0	—	158	— 0,0	—
Chalazion	0	—	84	— 0,0	—
Blépharite	1	—	240	— 0,4	—
Conjonctivite irritative	8	—	103	— 7,7	—
Conjonctivite phlycténulaire	0	—	88	— 0,0	—
Conjonctivite chronique	0	—	86	— 0,0	—
Kératite phlycténulaire	0	—	50	— 0,0	—
Kératite scrofuleuse	8	—	165	— 4,8	—

C. — Le spasme joue un rôle variable selon les affections. Il offre, en effet, les proportions suivantes par rapport à l'astigmatisme cornéen :

Pour le chalazion	26,0	p. 100
Pour la conjonctivite irritative	24,4	—
Pour la conjonctivite phlycténulaire	18,1	—
Pour le larmoiement	18,0	—
Pour la blennorrhée	17,7	—
Pour la blépharite	10,8	—
Pour la kératite phlycténulaire	4,0	—

Dans les conjonctivites chroniques et les kératites scrofuleuses, nous n'avons pas observé de spasme.

Il peut se faire que des malades ayant servi à établir nos statistiques, bien qu'atteints d'astigmatisme, ne doivent pas à cette cause leur affection. Mais ces cas sont exceptionnels; les chiffres que nous venons de rapporter révèlent bien l'influence pathogénique de l'astigmatisme. L'hypermétropie, qui, à un moment donné, a été proclamée la cause la plus puissante de plusieurs de ces affections, n'a été rencontrée par nous que dans la proportion de 28 0/0; dans la kératite scrofuleuse, nous l'avons trouvée dans près de la moitié des cas. Il est rationnel de penser que dans ces circonstances, l'hypermétropie associe ses effets à ceux de l'astigmatisme.

Mais, ainsi que Donders l'a dit, l'asthénopie hypermétropique n'engendre pas les dangers qu'on serait tenté de mettre à son actif. Cet auteur va plus loin : « Il paraît, dit-il, qu'il existe réellement dans l'hypermétropie une certaine immunité contre différentes maladies qui menacent la vision; il est certain qu'une tension excessive de l'accommodation ne met pas la rétine en danger. »

Il y a donc une grande différence entre les effets des contractions générales et ceux des contractions partielles. Les unes remplissent une fonction qui ne sort pas de l'ordre physiologique; les autres, même celles qui paraissent le plus normales, ne peuvent prétendre à cet honneur. Bien que l'expression d'astigmatisme physiologique ait été employée pour désigner certaines asymétries, toutes sont des anomalies. Or, un phénomène destiné à corriger un défaut ne peut être lui-même qu'une erreur physiologique.

La présente étude n'a pu porter que sur des sujets âgés au moins de six ans. Au-dessous de cet âge, il est impossible de

faire usage de l'ophtalmomètre, et il est aussi impossible d'être renseigné sur la présence d'un spasme. On peut, néanmoins, se convaincre, si l'on a l'occasion de revoir les sujets quelques années plus tard, que certains cas de kératites tenaces du premier âge sont sous la dépendance de l'astigmatisme. Si lors de cet examen, on ne trouve rien, on peut supposer assez vraisemblablement que ces kératites étaient de nature spasmodique. Sous l'influence de l'évolution dentaire qui, comme on le sait, produit des phénomènes sympathiques de toutes sortes, un spasme réflexe se manifesterait du côté du muscle ciliaire et serait la cause des phénomènes inflammatoires que l'on est assez souvent appelé à soigner à cette époque de la vie. Le traitement, du reste, confirme cette opinion; ces ophtalmies cèdent à une médication antispasmodique (l'incision de la muqueuse gengivale, l'emploi des bromures, les instillations répétées d'atropine).

Complétons cette étude par la revue de quelques autres maladies (ophtalmie uréthrale, blépharospasme, cataracte, glaucome, mouches volantes, décollement de la rétine, asthénopie accommodative).

Si le rôle joué par le spasme partiel ne se présente pas toujours avec évidence, il n'en est plus de même dans certains cas, par exemple dans l'ophtalmie blennorrhagique qui n'est pas la conséquence d'une inoculation du pus uréthral. Cette ophtalmie, que quelques auteurs appellent sympathique, est précédée dans l'œil de l'apparition d'une contraction partielle spasmodique. Le mystère de la sympathie a donc son explication trouvée. L'uréthrite augmente le nervosisme d'un nerveux, le spasme ciliaire apparaît et celui-ci engendre l'ophtalmie. Nous avons constaté ce spasme chez plusieurs sujets. L'observation d'un de ces malades est tout particulièrement intéressante, car nous avons pu assister à la disparition du spasme, en même temps qu'à celle de l'ophtalmie, et, lors d'une rechute de l'inflammation, nous avons retrouvé de nouveau le phénomène nerveux.

En 1884, nous avons publié dans les *Annales d'Oculistique* cinq cas de blépharospasme, les seuls qui s'étaient offerts à

notre observation pendant une période de quinze mois. Voici les conclusions et remarques qui en découlaient :

1° Ces cinq faits représentent les diverses variétés de spasme clonique des paupières.

2° Leur nature astigmatique nous est indiquée par la présence constante de l'asymétrie, par une intensité plus grande du spasme du côté où l'anomalie était plus prononcée, par la guérison rapide à l'aide de l'atropine et, enfin, par les excellents effets des verres cylindriques.

3° La présence de l'astigmatisme dans cinq cas consécutifs de blépharospasme nous porte à croire que, dans les observations futures (c'est ce qui a eu lieu en ce qui nous concerne), l'association de ces états morbides devra être rencontrée assez fréquemment.

4° Il conviendra de ne jamais commencer le traitement, sans s'être enquis de l'état de la réfraction asymétrique. En l'absence de ce renseignement et de tout autre indiquant le point précis d'où le spasme tire son origine, l'atropine à doses massives devra être le médicament à employer en premier lieu.

5° L'échec possible de cet agent, dans certains cas, ne saurait infirmer notre théorie. Le seul fait de la présence d'une anomalie de courbure n'indique pas forcément la nature astigmatique du blépharospasme. Un des filets du trijumeau peut subir une compression et être la véritable cause du mouvement convulsif.

L'astigmatisme est-il cause de cataracte? C'est là un point que nous avons étudié à la Société française d'ophtalmologie, en 1885.

1°. — *L'astigmatisme a-t-il une action quelconque dans la genèse de toute cataracte sénile?* Sur 158 yeux cataractés, 22 se sont montrés sans astigmatisme cornéen; soit une proportion de 13,9 0/0, chiffre supérieur à celui trouvé pour l'état normal (9.4 0/0) par Nordenson. La réponse est donc négative.

2°. — *Dans les cas où l'astigmatisme existe, peut-il être incriminé?* A cet effet, nous avons recherché si, chez nos cataractés,

l'état astigmatique cornéen se chiffrait par un nombre de *dioptries* plus élevé que celui que l'on rencontre d'ordinaire; car il est logique de penser que, plus le degré de l'anomalie est prononcé, plus il doit avoir d'action pour engendrer un changement moléculaire dans le cristallin.

Pour connaître les astigmatismes qui se présentent le plus ordinairement, nous nous sommes encore servi des chiffres de Nordenson. Avec ces chiffres, voici le tableau que nous avons dressé :

125	fois	l'astig. cor.	était de	0,25 D,	soit 27,6	p. 100
113	—	—		0,50 —	25,0	—
60	—	—		0,75 —	13,2	—
92	—	—		1, » —	20,3	—
14	—	—		1,50 —	3,0	—
4	—	—		2, » —	0,8	—
2	—	—		3, » —	0,4	—

Établissant un même tableau avec nos chiffres de cataractes, voici ce que nous trouvons :

39	fois	l'ast.	cor.	était de	0,25 D.	soit 24,68	p. 100.
36	—	—	—		0,50 —	22,78	—
23	—	—	—		0,75 —	14,55	—
32	—	—	—		1, » —	20,25	—
4	—	—	—		1,50 —	2,53	—
2	—	—	—		2, » —	1,26	—
0	—	—	—		3, » —	0,00	—

La comparaison de ces deux tableaux montre très évidemment que, chez les cataractés, on ne peut invoquer comme cause de leur maladie les hauts degrés d'astigmatisme.

3°. — *La direction de l'astigmatisme peut-elle être une cause de cataracte?* Ici la réponse semble être affirmative. Sur 452 yeux, Nordenson n'a trouvé que six fois le méridien le plus réfringent dans le sens horizontal, ce qui donne la proportion de 1,3 0/0. Nos 138 cataractes nous ont fourni un chiffre de 38 astigmates « contraires à la règle », soit 24,05 0/0.

Pour ce qui concerne la direction oblique, l'influence paraît nulle. Dans notre statistique, cette direction des méridiens principaux s'est présentée avec un degré de fréquence sensiblement égal à celui indiqué par Nordenson (12,6 0/0 au lieu de 12,1 0/0).

Quant au rôle joué par l'astigmatisme cristallinien, il nous a été impossible de nous prononcer. D'une part, les faits étaient trop peu nombreux, et, d'autre part, l'épreuve par l'atropine n'a pas été suffisamment prolongée.

L'astigmatisme cornéen peut-il être accusé de conduire au glaucome? Voici ce que nous écrivions, en 1885, dans les *Annales d'oculistique*, t. XCIII, p. 235.

La fréquence de l'astigmatisme « contraire à la règle » serait chez nos glaucomateux d'environ 50 0/0. Or, cette variété d'astigmatisme ne se présenterait que 1,3 fois sur 100 individus, bien portants, pris au hasard (Nordenson). Chez nos malades, la proportion de 50 0/0 ne saurait être considérée comme fortuite; mais au lieu de l'apprécier, ainsi que nous l'avons fait, comme une conséquence du glaucome, certains pourraient penser que, si cet état anatomique se trouve aussi souvent dans le glaucome, c'est qu'il constitue une des causes prédisposantes de cette maladie. A vrai dire, des notions parfaitement établies plaideraient en faveur de cette dernière interprétation. D'une part, on sait que l'astigmatisme « contraire à la règle » se rencontre particulièrement chez les Juifs (Javal); d'autre part, il est positif que la race juive a une prédisposition bien marquée pour le glaucome; Benedict et Rosas disent que cette maladie est surtout répandue parmi les Israélites; Arlt trouve, sur cent dix cas de glaucome, onze Juifs; Ridel donne le chiffre de 23 0/0; de Wecker dit : « Nous ne pensons pas nous tromper en portant hardiment à 20 0/0 le nombre des glaucomateux Israélites qui viennent à notre consultation. » — Il est évident que s'il y a rapport de causalité entre le glaucome des Juifs et leurs astigmatismes « contraires à la règle », ce même rapport doit exister, toute question de race mise de côté. Aussi nous garderons-nous de nier que, chez quelques-uns de nos malades, l'astigmatisme « contraire à la règle » que nous avons rencontré, ne soit pas antérieur à l'apparition de leur affection. Mais, cette concession faite, nous devons nous élever contre la prétention de ceux qui seraient pénétrés d'un rapport de causalité plus constant.

Par suite des variations constatées chez ces malades (voir

plus loin § 4), l'astigmatisme semble être engendré par le glaucome plutôt qu'il ne serait une des causes productrices de cette affection. Pfalz (*Archiv. für. Opht.*, 1885), lui aussi, n'ose se prononcer ni dans un sens ni dans l'autre; il fait appel à de nouvelles recherches. Conclure est difficile dans la circonstance. Pour savoir si, entre une ophtalmie quelconque et l'astigmatisme cornéen, il existe ou non une relation causale, il importe, avant tout, que chaque sujet atteint d'une de ces maladies, offre *toujours* le même degré d'astigmatisme. Si non, on serait exposé à faire figurer tel sujet un jour parmi les cas favorables à une pathogénie astigmatique, un autre jour, parmi les défavorables. Or, comme le glaucome est précisément une maladie où l'astigmatisme cornéen peut présenter des variations, on comprend toutes les difficultés qui peuvent se présenter.

Il est hors de doute que le travail ciliaire, compensateur de l'inégalité de réfringence de l'appareil optique, a un certain retentissement du côté de la choroïde. Une vingtaine (nous pourrions dire, maintenant, des centaines) d'observations de mouches volantes, chez des personnes non myopes, nous montrent, d'une manière bien positive, que l'astigmatisme, à ce point de vue encore, doit être incriminé. (*Annales d'oculistique*, t. XCI, p. 212.)

L'astigmastisme est-il capable d'intervenir activement dans le décollement de la rétine?

Puisqu'il y a un rapport évident entre l'astigmatisme et les mouches volantes, n'est-il pas logique de se demander si l'apparition du décollement de la rétine qui survient dans un œil atteint de cette maladie, n'a pas été préparée par le processus morbide qui a donné naissance à ces mouches. Dans la présente question, comme dans la suivante (croissant atrophique), il convient de se rappeler quelle est la topographie du muscle ciliaire. Il est présumable que ce sont les fibres méridiennes qui président aux contractions partielles. Or ces fibres, beaucoup plus nombreuses chez les myopes, sujets particulièrement prédisposés au décollement rétinien et au croissant atrophique, occupent une majeure partie de la choroïde.

Nous ajouterons que tous les yeux que nous avons observés depuis cinq ans, ayant un décollement spontané de la rétine, présentaient en même temps de l'astigmatisme de la cornée. Une seule fois, cette membrane fut exempte d'asymétrie. Mais, à sa place, nous avions un astigmatisme cristallinien, probablement d'origine dynamique. Du reste, la nature exacte de l'astigmatisme est peu importante. Si l'on a été en présence d'un astigmatisme statique, il y a eu contraction partielle correctrice ; si non, la contraction partielle a été spasmodique. Dans les deux cas, il y a contraction astigmatique et par conséquent tiraillement de la choroïde, et consécutivement une gêne circulatoire et de la congestion du fond de l'œil. La question de l'astigmatisme et du décollement de la rétine est seulement posée (1887, *Études sur les contractions astigmatiques*).

Enfin, nous parlerons ici de l'asthénopie astigmatique. Nous aurions dû commencer par ce trouble fonctionnel, car il est souvent l'avant-garde de tout un cortège d'accidents plus ou moins graves, dont la nature, bien différente, fait oublier le lien qui les unit entre eux et les rattache à l'asthénopie astigmatique.

Les premiers signes de cet état sont la difficulté de travailler à la lumière artificielle et la crainte du grand soleil. Le surmenage du muscle ciliaire entraîne la congestion de la rétine. Le gaz, si souvent accusé, n'est pas un mauvais éclairage. Si beaucoup de personnes en disent du mal, c'est que le nombre des astigmates qui ne corrigent pas est relativement grand. Quand arrive le soir, ils se présentent au travail avec des yeux déjà fatigués, hyperémiés et peu disposés à supporter des rayons directs. Plus le foyer est intense, plus ils ont à s'en plaindre. Un œil non astigmate, ou atteint d'un astigmatisme corrigé sans effort, ne craint ni le gaz ni le travail du soir, pas plus qu'il ne redoute une promenade en plein midi.

Il ne suffit pas de posséder un astigmatisme non corrigé pour avoir de l'asthénopie, il faut, en outre, être nerveux, excitable. Nous avons pu nous convaincre de la nécessité de cette dernière condition, en faisant une série d'examens sur les yeux d'écoliers bien portants. Nous en avons rencontré un certain nombre qui ne corrigeaient pas leur astigmatisme et qui assu-

raient pouvoir lire et écrire toute la journée et même le soir sans éprouver de fatigue.

Dans l'étiologie des maladies astigmatiques, nous ne voulons pas remplacer l'influence attribuée jusqu'à ce jour à l'état général par l'action toute locale des contractions partielles du muscle ciliaire. L'une et l'autre interviennent : la première comme cause prédisposante, l'astigmatisme comme cause déterminante. L'état général, variable selon les individus, explique pourquoi l'effort ciliaire compensateur se révèle par des phénomènes divers. Chez le sujet dit scrofuleux, il engendre surtout la kératite grave ; chez le lymphatique, la kératite phlycténulaire ; chez l'herpétique, la blépharite ; chez l'arthritique, la migraine ; chez l'anémique, le blépharospasme, etc.

Un œil asymétrique constitue un *locus minoris resistentiæ* et le spasme ciliaire un motif de localisation d'affections diverses. Un sujet qui aura parcouru une longue existence sans avoir été atteint par l'une d'elles, ne sera qu'exceptionnellement porteur d'un degré notable d'astigmatisme.

§ 3. — L'Astigmatisme et les Migraines (1).

(MIGRAINE ORDINAIRE ET MIGRAINE OPHTALMIQUE.)

Quelle que soit la forme clinique de l'hémicranie, quelles que soient les causes qui président à l'apparition des accès, toutes les migraines sont liées, d'une part, à un même phénomène intra-oculaire, et, d'autre part, à un état constitutionnel, souvent héréditaire (arthritisme, herpétisme).

Certains auteurs ont prétendu que l'hypermétropie était une cause de migraine ; nous ne nions nullement le fait ; mais, s'il est réel, il est tout au moins fort rare. Voilà cinq ans passés

(1) *Académie de Médecine de Paris*, janvier 1884. — *Société française d'ophtalmologie*, 1884, p. 144. — *Académie de Médecine de Paris*, concours pour le prix Civrieux 1886. — *Annales d'oculistique*, t. 99, p. 24 et 105. — *Nouvelles études sur les contractions astigmatiques*, Delahaye, Paris, 1888.

que nous notons la réfraction de tous nos migraineux et nous n'en avons jamais rencontré un seul dont l'hypermétropie ne fût accompagnée d'astigmatisme. Boggs (*Recueil d'ophtalmologie*, 1883) accuse l'hypermétropie légère. Il est probable que les faits sur lesquels notre confrère appuie son opinion sont plutôt des cas d'astigmatisme souvent pris, ainsi que nous l'avons déjà dit, pour de l'hypermétropie.

La myopie a été également accusée; mais, ici encore, on a très probablement noté le fait le plus facilement constatable, l'excès de réfraction, et l'on a laissé échapper l'asymétrie des méridiens qui est d'un diagnostic plus difficile.

La suractivité oculaire, que nous invoquons comme cause *localisatrice* des crises de migraine, réside dans les contractions partielles du muscle ciliaire.

Ces contractions pourraient également être appelées *causes préparantes* des accès. Le travail, accompli par l'œil d'une crise à l'autre, est bien le facteur préparant tout ce qu'il faut pour amener la révolte qui éclate lorsque le complot morbide est suffisamment tramé. Qu'une cause occasionnelle d'une crise survienne, qu'une femme migraineuse ait ses menstrues, qu'un dyspeptique fasse un repas un peu trop copieux, cette cause n'ébranlera pas d'ordinaire le système sensitif des deux côtés de la tête : un seul sera atteint et ce sera celui qui, quelque temps auparavant, était sorti sain et sauf de la bagarre.

La cause occasionnelle de l'accès, au lieu d'être dans l'utérus ou dans l'estomac, peut partir de l'œil ou résulter d'une influence agissant sur cet organe. C'est quelquefois l'excès du travail oculaire — lectures prolongées, lectures de quelques instants seulement, mais faites en marchant au moment de la digestion, longues séances de micrographie — qui fait éclater la crise. Dans cette circonstance, la cause occasionnelle se confond avec les derniers agissements de la cause préparante. D'autres fois, l'éclosion procède d'une fatigue oculaire produite par l'usage de verres trop forts ou peu appropriés à la conformation des yeux. Dans certains cas, c'est une trop vive impression de la lumière, une promenade au grand soleil, une soirée prolongée au théâtre. Chez les sujets fort prédisposés, la moindre reverbération, le reflet d'une nappe d'eau, d'un champ de neige, d'une grande route, la vue d'une glace polie ou d'un treillis

occasionnent des crises. Une cause déterminante peu connue, c'est l'instillation d'un collyre d'atropine ou même d'un myotique. Ces divers faits devaient conduire les médecins à voir dans la migraine une affection dans laquelle l'œil intervient pour une part quelconque. Ce sont ces faits, joints à ceux dans lesquels l'œil est douloureux pendant la durée des crises, qui nous ont porté à entreprendre nos recherches.

Passons aux preuves : La première est celle-ci : *Il existe dans tous les yeux des personnes atteintes de migraine une contraction partielle.*

Cette constance est telle que si, lors d'un premier examen, on ne rencontre pas d'astigmatisme, loin de croire à une exception, il faut s'assurer d'avoir mal procédé; un second examen ne tarde pas à montrer l'erreur commise.

Il est une objection au-devant de laquelle nous devons aller; l'astigmatisme de la cornée est un état très fréquent; il se rencontre, quand on tient compte d'un quart de dioptrie, environ 9 fois sur 10; dès lors, rien de bien extraordinaire que, dans une statistisque de quelques centaines de cas, on rencontre la proportion de 10 sur 10.

Notre réponse est facile. Nous n'avons jamais invoqué la fréquence de l'astigmatisme cornéen pour prouver notre théorie. Cet astigmatisme serait-il même d'une fréquence moindre chez les migraineux que chez les autres personnes, nos idées n'auraient rien à souffrir. On n'est pas migraineux parce qu'on est astigmate cornéen, on l'est parce qu'une activité spéciale se manifeste dans cette variété d'yeux. Quand la contraction correctrice fait défaut, la contraction spasmodique est présente. L'une ou l'autre variété d'un même phénomène se rencontrant toujours, cette constatation n'est-elle pas convaincante?

Combattons une autre objection qui pourrait être inspirée par ce fait : *que les contractions correctrices ont une plus longue durée chez les migraineux.* A ceux qui nous diraient que ces contractions, loin de contribuer à la production de la migraine, seraient par elle engendrées, nous répondrons :

1° Si les contractions à long terme se rencontrent chez les migraineux, on les observe également chez d'autres personnes à tempérament nerveux. Dans les cas d'hémicranie, elles doi-

vent donc être attribuées, non aux crises, mais à l'état général.

2° Parfois, on rencontre la contraction alors même que les migraines n'existent plus. Ainsi, lorsqu'une manifestation diathésique se produit dans une autre partie du corps — par exemple, des hémorroïdes survenant — les attaques cessent et le phénomène ciliaire reste toujours là; une femme migraineuse vient-elle à être enceinte, ses crises peuvent ne pas se reproduire pendant toute la durée de sa grossesse et cependant la contraction persister; il est même possible d'observer cette dernière, alors que l'hémicranie aura battu définitivement en retraite.

3° Les contractions correctrices sont constatables bien avant l'âge où les crises de migraine apparaissent.

4° Chez quelques migraineux, cette contraction n'est pas permanente : elle n'existe que dans la vision de près. Il est évident qu'elle ne serait pas parfois intermittente, si elle était le résultat des crises.

Chez 332 migraineux, 285 présentaient la contraction correctrice, et 67, la spasmodique (4 fois sans astigmatisme cornéen).

La contraction correctrice s'est rencontrée :

66 fois égale à. . .	0,25 D.	18 fois égale à. . .	1,00 D.
121 — — . . .	0,50 —	2 — — . . .	1,25 —
77 — — . . .	0,75 —	1 — — . . .	1,50 —

La contraction spasmodique a été notée :

7 fois égale à. . .	0,25 D.	18 fois égale à. . .	0,75 —
38 — — . . .	0,50 —	9 — — . . .	1,00 —

Deuxième preuve : *Quand un seul œil est astigmate, c'est uniquement du côté de cet organe que se localise la migraine.*

Cette preuve est fournie par deux ordres de faits : ceux où l'astigmatisme cornéen est unilatéral et où par conséquent il ne pouvait y avoir de contraction que sur cet œil; ceux où l'astigmatisme cornéen est bilatéral, mais où la contraction est unilatérale.

Dans certains cas, la migraine n'est pas du côté où il existe de l'astigmatisme cornéen, mais de l'autre, où il y a de l'as-

tigmatisme subjectif, (astig. associé). La migraine semble avoir une prédilection toute marquée pour cet astigmatisme (voir § 5).

Troisième preuve : *Si les deux yeux sont atteints d'astigmatisme à un degré inégal, c'est d'ordinaire du côté de l'œil présentant la plus forte anomalie que sont les crises les plus violentes et les plus fréquentes.*

Le fait est tellement vrai qu'il nous est souvent arrivé de dire, et sans nous tromper, à une personne que nous savions migraineuse, qu'elle devait avoir de tel côté ses crises, ou les plus intenses ou les plus répétées. Cependant cette relation n'est pas absolue. Par exemple, qu'un œil soit porteur d'un astigmatisme cornéen de 1,50 ou de 4 D., c'est sensiblement le même degré de contraction partielle qui, dans les deux cas, s'emparera du muscle ciliaire : une contraction de 1,50 étant souvent un maximum. Si, chez un sujet, il y a, à droite, un astigmatisme cornéen de 1,50 D. et de 4 à gauche, il n'y aura pas de contraction plus forte dans ce dernier œil que dans l'autre. Dès lors, malgré la différence dans le chiffre de l'astigmatisme cornéen, les accès de migraine n'ont aucune raison d'être plus fréquents d'un côté que de l'autre.

Quatrième preuve : *Lorsqu'un seul œil sert à la vision, serait-il le moins astigmate, c'est de son côté que les crises se manifestent.*

Les faits suivants sont tout à fait significatifs. Néanmoins, on rencontre des cas où un œil qui sert peu à la vision peut être le motif de migraines semblables à celles qui surviennent de l'autre côté. Il ne faudrait pas nous opposer ces faits, pas plus que ceux que l'on pourrait recueillir chez des aveugles. Ces yeux peuvent être le siège de contractions spasmodiques. Les seuls cas qui mettraient notre théorie en défaut seraient ceux où la migraine persisterait après l'énucléation d'un œil. Chez un de nos malades, les migraines fortes furent enlevées complètement en même temps que l'organe.

Cinquième preuve : *Si l'on parvient à triompher d'une contraction spasmodique, la migraine disparaît.*

Nous avons déjà signalé les singuliers effets de l'atropine chez les migraineux : quelques gouttes de ce mydriatique ins-

tillées dans un œil peuvent provoquer une crise ou, si celle-ci est déjà déclarée, en augmenter l'intensité. Une faible dose d'ésérine suffit également pour provoquer un état voisin de la migraine.

Tous ces faits témoignent déjà qu'il existe une relation entre le muscle ciliaire et cette névrose; mais ce qui parle encore plus haut et montre bien la contraction partielle comme réellement le phénomène localisateur, ce sont les cas dans lesquels la migraine n'a pas survécu à la disparition d'une contraction partielle spasmodique. Mais, ces cas sont fort rares, car la diathèse est toujours là qui d'ordinaire parle hautement et impose ses volontés. Par l'usage de l'atropine, il se produit d'ordinaire simplement une amélioration dans l'état migraineux. Nous estimons qu'une cure atropinique, d'une durée de plusieurs semaines, devra toujours être conseillée aux malades qui ont des crises pour ainsi dire *subintrantes*, qui reviennent pour ainsi dire chaque jour de la semaine. La cure, en même temps qu'elle écartera les manifestations de la névrose, agira avantageusement sur l'hyperémie intra-oculaire qui se rencontre dans presque tous ces cas. Comme ces sujets sont des névrosiques de la plus belle espèce, il conviendra d'associer au traitement local une médication générale appropriée. Nous avons obtenu de la sorte des améliorations bien voisines de la guérison.

Chez deux sujets, l'usage prolongé de petites doses d'iodure de potassium a fait disparaître des contractions astigmatiques de 0,50 D. et en même temps les migraines dont ces malades souffraient depuis longtemps. Empressons-nous de dire que, chez quelques autres personnes, ce médicament n'a pas produit les mêmes effets.

Notre dernière preuve est celle-ci : *Le port continuel de verres cylindriques, corrigeant l'asymétrie des méridiens de la cornée, modifie très sensiblement l'état migraineux et parfois donne des guérisons complètes et durables.*

Pour que les crises de migraine cessent de se manifester, il faut de toute nécessité que la contraction partielle n'existe plus et qu'elle soit remplacée par un cylindre entièrement correcteur de l'astigmatisme cornéen. On sera certain d'obtenir de très bons effets par le port des verres cylindriques, si

l'astigmatisme statique est neutralisé par une contraction *élastique*. Mais les effets seront à peu près nuls, quand la contraction sera *rénitente;* celle-ci ne peut être remplacée par un cylindre. Le propre de cette contraction est de résister à l'action de ce verre. (Voir au § 4 la signification des mots « élastique » et « rénitente. »)

D'après nos recherches, la contraction astigmatique jouerait également le rôle de cause *localisatrice* et *préparante* des accès de migraine ophtalmique qui, à nos yeux, n'est qu'une forme de la migraine ordinaire.

Les 20 malades que nous avons examinés étaient tous atteints de migraines ophtalmiques bénignes. Les cas graves qui conduisent à la mort nous semblent être des faits d'un ordre tout différent. Ici, il n'est nullement question de ces derniers.

Les particularités offertes par ces 20 malades peuvent se résumer ainsi :

Les diverses formes de migraine ophtalmique admises par Charcot sont ici représentées.

Une contraction partielle du muscle ciliaire est notée dans toutes ces observations.

Une migraine ophtalmique, unilatérale, correspond à une contraction partielle, également unilatérale, ou est localisée du côté de la plus forte contraction.

Parfois une migraine ophtalmique unilatérale peut exister chez une personne ayant des migraines vulgaires, bilatérales.

Les migraines ophtalmiques bilatérales sont accompagnées de contractions bilatérales.

Dans un cas de migraine bilatérale, la contraction n'a pu être étudiée que sur un seul œil ; l'autre œil avait une trop faible acuité pour nous révéler ce phénomène.

Dix-sept fois, la contraction est correctrice ; trois fois, elle est spasmodique.

Le traitement par des verres n'a été employé que chez cinq malades. Il y a eu : 2 fois, guérison ; 1 fois, amélioration ; 2 fois le résultat a été inconnu.

Notre théorie astigmatique de la migraine ophtalmique re-

pose donc sur une série de preuves : d'abord, la constance de la contraction astigmatique; ensuite, la localisation de la migraine unilatérale du côté de cette contraction; enfin, l'influence heureuse des verres cylindriques, quand ils peuvent être employés au lieu et place d'une contraction partielle.

§ 4. — Des variations dans le degré et le sens de l'astigmatisme cornéen chez les glaucomateux (1).

L'astigmatisme cornéen n'est pas un état invariable.

Consécutivement aux kératites ulcéreuses et aux blessures de l'œil, il peut y avoir des modifications; il y en a également dans le glaucome.

Sous l'influence d'une pression intra-oculaire morbide, l'œil se déforme, et le plus souvent, d'une manière bien caractéristique. Le rayon de courbure de son méridien vertical s'allonge quelquefois dans de telles proportions, qu'un organe primitivement astigmate « selon la règle » (plus faible rayon de courbure vertical) devient astigmate « contraire à la règle », d'un degré plus ou moins prononcé, après avoir présenté, pendant une période plus ou moins longue, la plus parfaite symétrie.

Les preuves que nous invoquons à l'appui de ces changements sont au nombre de quatre.

1° *La notable proportion des cas d'astigmatisme « contraire à la règle »*. La fréquence de cet astigmatisme serait, chez les glaucomateux (d'après nos chiffres réunis à ceux de Pfalz (2),

(1) Deux mémoires : 1° Ce que devient le minimum de courbure pendant l'évolution d'un certain nombre de glaucomes. *Ann. d'Oculist.*, t. XCIII, p. 223. *Journal de Méd. Bordeaux*, 16 août 1885. — 2° Des variations dans le degré, etc. *Société française d'ophtalmologie*, 1886, p. 43. Analyse in *Ann. d'Oculist.*, t. XCV, p. 206.

(2) Le travail de Pfalz (reproduit ci-dessus, p. 173) a été publié dans les *Arch. für Opht.*, 1885; il avait un autre but que le nôtre, paru à la même époque dans les *Annales d'Oculistique*. Tandis que nous voulions mon-

de 45 0/0, tandis que, chez les bien portants pris au hasard — cette proportion ne serait que de 1,3 0/0.

2° *La proportion très forte des cas où la réfraction du méridien vertical se trouve relativement moindre dans l'œil le seul ou le plus glaucomateux.*

Si nous réunissons tous les cas de glaucome (ceux de Pfalz et les nôtres), nous voyons que 19 fois la réfraction du méridien vertical de l'œil, le plus ou le seul glaucomateux, était moindre, tandis que, 4 fois seulement, elle aurait été supérieure.

3° *Faits dans lesquels l'augmentation progressive du rayon de courbure du méridien vertical a été constaté directement à l'ophtalmomètre.*

Ici les faits parlent d'eux-mêmes. Leur autorité résulte moins de leur nombre que de leur garantie d'authenticité. Les faits par nous observés ont été au nombre de quatre.

Les transformations observées chez ces quatre malades sont résumées dans le tableau suivant :

1.	0° ± 0,50	est devenu	90° ± 0,25	différence	0,75
2.	0° ± 0,25	+	90° ± 0,75	+	1,00
3.	0° ± 0,50	+	90° ± 2,50	+	3,00
4.	90° ± 0,50	+	90° ± 1,50	+	1,00

4° *Faits prouvant la diminution progressive du rayon de courbure du méridien vertical, sous l'influence d'un traitement antiglaucomateux.*

S'il y a élévation dans le degré de l'astigmatisme « contraire à la règle » quand la tension augmente, ce degré doit s'abaisser et même disparaître, si cette tension décroît. C'est ce que démontrent également quatre de nos observations.

1.	90° ± 1,25	est devenu	90° ± 0,75	différence	0,50
2.	90° ± 1,00	—	90° ± 0,50	—	0,50
3.	90° ± 1,25	—	0° ± 0,00	—	1,25
4.	90° ± 1,20	—	90° ± 1,50	—	1,00

trer les variations de l'astigmatisme cornéen dans le glaucome, Pfalz recherchait s'il y avait une relation de cause à effet entre l'astigmatisme et le glaucome. Nous ferons, en outre, remarquer que, dans les observations de notre confrère, le 0° indique le méridien horizontal de l'œil, et le 90°, le vertical. Notre notation conforme à celle de l'ophtalmomètre Javal, est donc tout le contraire de celle de Pfalz.

Ces faits n'ont pas besoin de commentaire; ils prouvent l'influence déformante de la tension glaucomateuse, qui a pour résultat d'abaisser la réfraction du méridien vertical.

Dans un cas, un astigmatisme à courbure minima horizontale a été remplacé par un astigmatisme oblique.

Il est un autre fait que nous a révélé l'ophtalmomètre et qu'il est intéressant de rapprocher de ceux que nous venons de faire connaître. Si, après la période de cicatrisation, il survient une rechute, c'est encore du côté du méridien vertical que se portera la distension.

Les métamorphoses que nous venons de signaler s'observent particulièrement chez les sujets relativement peu âgés; ils sont sous la dépendance de la tension intra-oculaire *et subordonnés à l'élasticité des tissus.*

Ces variations dans l'astigmatisme des glaucomateux peuvent contribuer à renseigner le clinicien sur la marche de la maladie. Dans certains cas, l'ophtalmomètre joue le rôle du tonomètre. Il fournit des renseignements qui correspondent exactement à la tension intra-oculaire. Il peut même y avoir des variations dans l'astigmatisme, alors que le doigt n'apprécie aucune différence. Les chiffres de l'instrument sont plus significatifs que les annotations conventionnelles de Bowman, qui peuvent être différentes suivant les observateurs. Il est malheureux que tous les glaucomes ne présentent pas les transformations dont il vient d'être question; car quand elles existent, elles sont précieuses pour le clinicien.

§ 8. — De l'astigmatisme associé (1).

Dans un certain nombre de cas, l'apparition, dans un œil, d'un astigmatisme dynamique cristallinien est liée à une contraction partielle, sollicitée par un astigmatisme cornéen de

(1) Deux communications : 1° *Académie royale de médecine de Belgique*, in *Bulletin* de l'année 1886. Tirage à part, Manceaux, à Bruxelles; Carré, à Paris. — 2° *Annales d'Oculistique*, T. XCVII, p. 5, et *Etudes sur les contractions astigmatiques*, chez Delahaye, Paris, 1887, p. 120.

l'organe congénère. Le phénomène s'opérerait en vertu de la loi des mouvements associés qui régit la plupart des organes similaires.

Des exemples empruntés à la clinique, mais présentés ici sous forme schématique, feront mieux comprendre notre pensée.

Soit d'abord le cas suivant : à l'ophtalmomètre, un sujet présente, sur l'œil droit, un astigmatisme de la cornée de 1 D. selon la règle et n'offre, à gauche, aucune asymétrie de cette membrane ; mais à l'examen subjectif, on constate que l'œil droit n'est nullement astigmate, qu'il possède une acuité parfaite et qu'il refuse tout verre cylindrique, même parmi les plus faibles. A l'œil gauche, au contraire, on note un astigmatisme subjectif de 1 D., révélé par la présence d'une ligne plus noire (horizontale) au cadran rayonné, et par les effets, très avantageux pour la vision, d'un cylindre négatif de 1 D., à axe vertical. Les explications de cette double contradiction entre les résultats de l'examen objectif et ceux de l'exploration subjective sont celles-ci : dans le premier œil, une contraction partielle de 1 D. corrige entièrement l'astigmatisme cornéen ; dans le second, bien que toute contraction soit inutile, puisqu'il n'y a pas d'astigmatisme du côté de la cornée, il en existe néanmoins une des plus manifestes, le muscle ciliaire ne pouvant se contracter partiellement et fortement sans entraîner à gauche une semblable contraction. Là, la contraction partielle amène un bombement horizontal du cristallin ; ici, la contraction associée, ayant pour siège les fibres symétriques, provoque également une augmentation de la convexité de la lentille. D'où, sur ce dernier organe, l'apparition d'un astigmatisme cristallinien de 1 D., à direction perpendiculaire à l'asymétrie cornéenne du congénère.

Supposons maintenant un autre cas : l'œil droit serait atteint d'un astigmatisme cornéen, selon la règle, de 1 D., tandis qu'à gauche, l'asymétrie, toujours selon la règle, ne serait que 0,25 D. Si le sujet est jeune, on constatera, comme dans le cas précédent, que l'astigmatisme de la cornée droite est complètement corrigé par un bombement horizontal, et l'on pourra observer, à gauche, un astigmatisme subjectif, contraire à la règle, de 0,75 D.

Ce fait serait, selon nous, un exemple de surcorrection, par association des mouvements musculaires. La contraction associée atteint le chiffre de 1 D., mais elle ne peut engendrer qu'un astigmatisme de 0,75 D., une partie de son effet servant à neutraliser l'astigmatisme cornéen signalé.

Hâtons-nous de dire que la clinique n'offre pas — ce que nous avons supposé dans les deux exemples précédents pour les rendre plus caractéristiques — de contractions associées dont l'intensité soit égale au chiffre de l'astigmatisme de l'autre œil. La contraction associée est toujours d'un degré moins élevé que la contraction qui lui donne naissance.

Nous avons donné le nom d'*astigmatisme associé* à l'astigmatisme qui est la conséquence d'une contraction associée.

Pour établir la réalité de cette conception, il faut, d'une part, prouver que l'œil directeur (actif) est ou a été le siège d'une contraction correctrice, et, d'autre part, que l'astigmatisme subjectif de l'œil passif est susceptible d'être annihilé par l'atropine.

A. — Une contraction correctrice a été notée chez 22 observés, sur un total de 48 sujets. 7 fois elle était de 0,25, 3 fois de 0,50, 10 fois de 0,75, 2 fois de 1,00 D.

Cette contraction correctrice a été trouvée : 7 fois, supérieure à la contraction associée; 6 fois, égale; et, 9 fois, inférieure.

Chez 13 malades, la contraction correctrice était absente dans la vision éloignée.

Chez 15 sujets, l'étude de cette contraction n'a pu être faite, par le motif que leur vision était trop défectueuse.

Voilà les faits tels qu'ils ont été observés; mais n'est-il pas permis de voir plus loin et de dire que, à un moment donné, tous ces yeux directeurs étaient pourvus d'un astigmatisme correcteur, et que le degré de correction rencontré, lors de nos examens, ne représentait pas la contraction maxima qui avait existé à une époque antérieure? Nous verrons (§ 7) que :

1° La contraction correctrice diminue avec l'âge; or, la plupart de nos observés étaient âgés;

2° Que cette contraction est détruite par l'anémie; deux fois cet état a été constaté;

3° Que dans la myopie, la contraction n'est appréciable qu'au

moyen d'un examen spécial; quelques-uns de nos examinés étaient myopes;

4° Que dans les yeux atteints d'amblyopie unilatérale, la contraction astigmatique correctrice disparaît rapidement, mais son existence, à un moment donné, peut être indirectement prouvée. Si elle ne s'était jamais manifestée, l'on constaterait une amblyopie astigmatique dont le degré serait égal à celui de l'astigmatisme statique; ce que révélerait l'absence *complète* d'amélioration de la vision par le cylindre exactement correcteur (§ 9).

Donc, pour apprécier quel a été le degré d'influence de l'œil actif sur l'autre, il faut se reporter à la période de l'existence où la contraction correctrice avait la plus grande force. Or, la force ordinaire nécessitée pour la production de l'astigmatisme associé ne saurait être énorme. La très grande majorité (39 sur 48) des astigmatismes associés est de 0,50 ou 0,75 D.

Un astigmatisme correcteur de 1 D. est donc capable d'engendrer la plupart des contractions associées. Nous estimons que, dans aucun cas, ce degré de correction n'a fait défaut et que généralement il a été supérieur.

Il faut, du reste, se rappeler que tel astigmate qui ne corrige pas au loin (et tous nos examens de l'astigmatisme subjectif ont été faits à l'aide d'un cadran placé à 5 mètres) peut y arriver en s'aidant du rapprochement et de la convergence.

B. — Nous avons employé l'atropine chez 10 malades et, 7 fois, ce médicament a fait disparaître la contraction associée et l'astigmatisme qu'elle engendrait. C'est là plus qu'il n'en faut pour prouver la nature dynamique de cet astigmatisme subjectif dont la direction est si caractéristique.

Dans 2 cas, la contraction avait disparu au bout de 8 jours de traitement; mais, dans les 4 autres, il a fallu 24, 30, 42 et 70 jours d'atropinisation.

Chez les 3 sujets où la contraction n'a pas été mise à la porte, la durée du traitement n'a été que de 8 jours.

Pour que ces faits puissent porter atteinte à notre théorie, il aurait fallu que nous eussions employé cet agent à doses fortes, et pendant au moins autant de temps qu'a duré *la cure utile* la plus prolongée (70 jours). Dans la question, il n'est pas

Toutes les fois que cette différence est légère, chaque œil gouverne ses contractions intérieures. Dans les cas où la contraction associée s'est manifestée, la différence entre l'astigmatisme cornéen de l'œil actif et celui de l'œil passif a varié entre 0,75 et 3,50. Tous les sujets dont les yeux offrent la différence d'astigmatisme cornéen que nous venons de signaler, ne se présentent pas fatalement avec de l'astigmatisme associé : environ 1 sujet sur 8 semble échapper à cette influence d'un œil sur l'autre.

La contraction associée varie d'intensité depuis 0,25 jusqu'à 1 D. Quand, dans l'œil passif, il existe un léger degré d'astigmatisme cornéen, la contraction correctrice ne fait pas d'ordinaire un angle droit avec le méridien le plus réfringent de la cornée. Par suite de l'influence d'un œil sur l'autre, cette contraction peut être déplacée d'un certain angle, car, d'ordinaire, l'emplacement de la contraction associée est déterminée par l'œil directeur. Une contraction horizontale de l'œil actif engendre, dans l'œil passif, une contraction horizontale ou voisine de l'horizontale; une verticale semble donner naissance à une oblique; une oblique provoque une oblique, avec une différence d'angle quelquefois nulle, mais pouvant atteindre parfois 30°. Dans la très grande majorité des contractions obliques, la contraction associée est dirigée dans le même sens que la contraction directrice.

La contraction associée a pour conséquence de faire apparaître un astigmatisme subjectif dans un œil sans astigmatisme cornéen, ou de déplacer le sens d'un astigmatisme subjectif. Dans un cas, elle a augmenté le degré de l'astigmatisme cornéen.

En ce qui concerne le traitement, voici quelle a été notre conduite : quand les deux yeux avaient une bonne vision et n'étaient le siège d'aucun phénomène morbide, nous n'avons rien ordonné. Lorsque, au contraire, les yeux étaient amétropes ou presbytes, nous avons associé des cylindres aux lentilles sphériques. Si l'on vient à formuler un cylindre, il convient d'ordonner le verre trouvé lors de l'examen subjectif, qui est alors en opposition avec celui qu'on formulerait si l'on se laissait guider par l'ophtalmomètre.

Une cure à l'atropine n'est à essayer que si la contraction

associée localise un mal, et si le sujet, jeune encore, consent à un traitement de longue durée.

§ 6. — Études sur les contractions astigmatiques du muscle ciliaire (1).

Nous venions de fonder sur la présence des contractions partielles une pathogénie et une thérapeutique spéciales à diverses maladies; il nous a semblé qu'il nous incombait de présenter une étude clinique embrassant la généralité des faits relatifs à ces contractions. C'est ce que nous avons entrepris en 1886 et 1887.

On peut diviser les contractions partielles en deux grandes classes : les contractions correctrices d'une asymétrie statique de la cornée ou du cristallin, et les contractions productrices d'une asymétrie cristallinienne.

A. CONTRACTIONS CORRECTRICES.

Il existe deux variétés de contractions astigmatiques destinées à neutraliser en partie ou en totalité l'asymétrie de l'œil.

La première dénote un certain degré de tension du muscle. Cette contraction, tout en restant un acte physiologique, revêt un peu les allures de la contracture : elle est permanente, et refuse le verre cylindrique indiqué par l'examen objectif de la cornée; elle ne cesse que sous l'influence d'une solution plus ou moins active d'atropine.

La seconde variété indique un degré moindre de tension. Cette contraction n'est pas continue. Sa présence vient-elle à être utile à la netteté de la vision, elle se manifeste : elle cor-

(1) *Annales d'Oculistique*, t. XCVI, p. 5; p. 81; p. 217; t. XCVII, p. 5; p. 141; p. 277. — *Études sur les contractions astigmatiques*, in-8°, Delahaye, Paris, 1887.

rige alors plus ou moins l'asymétrie de la cornée. Le cylindre correcteur de cette asymétrie est-il employé, elle disparaît pour réapparaître aussitôt que le verre est enlevé.

A la contraction de la première variété, nous donnerons le nom de «*rénitente*»; elle répond au pouvoir dioptrique des verres, comme, en pathologie chirurgicale, les tumeurs dures répondent au toucher qui les interroge.

Les autres contractions seront dites « *élastiques* », car elles se comportent vis-à-vis du verre comme les corps doués d'élasticité, dont la forme est altérée lorsqu'une cause mécanique passagère intervient, et qui sont susceptibles de reprendre leur forme antérieure, lorsque cette cause cesse d'agir.

Pour l'étude des contractions rénitentes, il faut utiliser et l'ophtalmomètre et l'atropine. Si cette dernière était seule employée, on ne saurait pas si l'astigmatisme qui apparaît à l'examen subjectif est cornéen ou cristallinien. L'ophtalmomètre à lui seul ne pourrait révéler si l'astigmatisme cristallinien correcteur trouvé subjectivement est d'ordre statique ou dynamique.

Par l'association de ces deux modes d'investigation, on ne tarde pas à se rendre compte que : 1° la correction la plus fréquente est celle d'un défaut cornéen; 2° que cette correction, dans la très grande majorité des cas, est due uniquement à un astigmatisme dynamique. Les cas, où après une longue atropinisation, l'astigmatisme subjectif est inférieur à l'astigmatisme cornéen, sont très vraisemblablement des exemples de contractions correctrices « entièrement résistantes ».

Lorsque chez un astigmate, l'examen subjectif, effectué à l'aide d'un cadran rayonné placé à 5 ou 6 mètres de distance, ne révèle avant l'instillation atropinique aucun astigmatisme, l'intensité de la contraction rénitente est exactement mesurée par la force du cylindre correcteur supporté après atropinisation.

Dans le cas où, dans les mêmes circonstances, un astigmatisme subjectif est constaté, cette intensité se mesure par la force du cylindre correcteur diminuée de la quantité représentant le degré de l'astigmatisme subjectif. Si le total de ces deux dernières quantités était supérieur au chiffre de l'astig-

matisme cornéen, il faudrait en conclure qu'une partie de la contraction sert à dissimuler un astigmatisme cristallinien homonyme.

Pour le diagnostic des contractions élastiques, l'emploi de l'ophtalmomètre est encore indispensable, mais celui de l'atropine irait à l'encontre des recherches. Le sujet étant placé, toujours à 5 ou 6 mètres, en face d'un cadran rayonné, on le questionne pour savoir si toutes les lignes sont vues également noires. Lors même que sa réponse est affirmative, on lui présente un cylindre positif ou négatif 0,25 D., l'axe incliné selon les indications fournies par l'ophtalmomètre. Si un de ces verres ne trouble en rien la régularité dans la teinte des lignes, cela indique que l'œil est le siège d'une contraction élastique ayant cessé d'exister, du moins en partie, lorsque le cylindre a été mis devant l'œil.

Pour connaître le degré exact de cette contraction, il faut présenter les cylindres qui suivent, jusqu'à ce que l'harmonie dans la teinte des lignes soit troublée. Le dernier cylindre trouvé, qui ne produit aucune irrégularité dans le cadran, indique la force de la contraction élastique.

Dans le cas où une ligne apparaîtrait nette et bien détachée, on présenterait encore des cylindres de plus en plus forts jusqu'à ce que tous les rayons soient vus également noirs. On notera le verre le plus faible avec lequel ce résultat est obtenu. On présentera à ce même œil les cylindres qui viennent immédiatement après, jusqu'à ce qu'un de ces verres fasse cesser la régularité. La force du dernier verre qui n'apporte aucun trouble, diminuée de la force du premier qui établit l'égalité dans la teinte des lignes, représente assez exactement le degré de la contraction élastique.

Un excellent moyen pour savoir s'il existe une contraction élastique dans un œil emmétrope (ou rendu tel) et qui se comporte devant le cadran rayonné comme s'il n'était pas astigmate, c'est de voir les effets produits par un verre sphérique convexe léger (0,75 D. par exemple). En effet, s'il n'y a pas d'astigmatisme, ou si celui existant est rénitent, l'interposition de ce verre ne saurait faire apparaître une ligne plus noire sur le cadran. Si, au contraire, il y a de l'astigmatisme corrigé par une contraction élastique, le verre positif amoindrit immé-

diatement la force de la contraction correctrice, et une ligne plus noire est vue aussitôt.

La direction de cette ligne indique en même temps la nature du cylindre correcteur et l'inclinaison de l'axe.

On rencontre ces deux types de corrections dans toutes les variétés d'astigmatisme (selon la règle, contraire à..., oblique, myopique simple ou composé, etc.). On les rencontre spécialement chez les hypermétropes et les emmétropes; chez les myopes, elles sont assez exceptionnelles et doivent être considérées plutôt comme le résultat d'un spasme que d'une contraction normale.

Les sujets atteints d'un astigmatisme myopique simple, mais d'un degré prononcé, corrigent rarement au loin.

S'ils corrigent, la contraction a alors une origine quasi-morbide prouvée, du reste, par la lenteur d'action de l'atropine. Ces yeux n'ont, en effet, aucun avantage à neutraliser leur asymétrie; le faisant, ils accroissent la finesse de leur vue, mais ils en raccourcissent la portée. Contractant, ils augmentent leur réfraction : les myopes deviennent plus myopes, les emmétropes se rendent myopes. Les emmétropes atteints d'astigmatisme myopique, qui corrigent au loin, sont ceux où le défaut cornéen est léger, et chez lesquels, par conséquent, la myopie qui en résulte est d'un faible degré, et, par ce motif, incapable d'être une cause de gêne visuelle dans la plupart des occupations ordinaires de la vie.

L'astigmatisme cristallinien, existant seul ou avec un astigmatisme cornéen de même sens que lui (1), bénéficie aussi bien

(1) Cet astigmatisme cristallinien renforçant le cornéen est plus fréquent que nous le pensions, en 1886. — Son degré varie entre 0,25 et 3,50 D.. Il est tantôt inférieur et tantôt supérieur au degré de l'astigmatisme cornéen. Il semble se rencontrer tout particulièrement dans les cas d'astigmatisme « contraire à la règle ». En 1886, nous avions trouvé, sur 31 cas d'astigmatisme cristallinien homonyme, 12 cas « selon la règle » 14 cas « contraires à la règle » et 5 cas « obliques ». Ce qui donnait pour ces deux dernières variétés réunies 61 0/0, tandis que la proportion normale ne serait que 2,3 0/0 (Nordenson). D'un autre côté, les myopes semblent être plus particulièrement prédisposés à cet astigmatisme cristallinien homonyme. Dans les 31 cas dont il vient d'être question, la myopie avait été notée 11 fois. Depuis, nous avons remarqué, bien des fois, la réalité de cette tendance.

que l'astigmatisme cornéen isolé, des contractions correctrices (rénitentes, élastiques).

On peut diagnostiquer la présence de ces contractions de trois façons différentes : 1° par la comparaison de deux examens pratiqués à plusieurs années d'intervalle; 2° par un seul examen, si l'on a recours à l'atropine (contraction rénitente); 3° par un simple examen, sans atropine, en cas de contraction élastique.

Nous avons dit plus haut que la neutralisation de l'astigmatisme chez les myopes était une chose rare, si rare que sur cent sujets, on ne la rencontre environ que trois ou quatre fois. Ces sujets, néanmoins, voient bien de près, ils doivent donc, eux aussi, corriger leur astigmatisme. Pour découvrir leurs contractions, dans l'épreuve de 5 à 6 mètres, il faut procéder d'une façon toute spéciale. Au lieu de corriger par un concave sphérique l'amétropie du méridien le moins myope qui représente, à proprement parler, le degré réel de la myopie, il faut employer celui qui corrige le méridien le plus réfringent; ce verre, d'ordinaire, rend toutes les lignes du cadran également noires, par le motif qu'une contraction partielle survient immédiatement qui transporte sur la rétine le foyer des rayons trop divergents. Quel est le degré de cette contraction? Si, dans le cadran rayonné, les lignes sont aperçues noires et égales, il y a correction complète, égale au chiffre de l'astigmatisme cornéen. Si, au contraire, les lignes perpendiculaires au méridien le plus réfringent sont seules vues nettes, la correction est nulle ou partielle. On présente alors des cylindres positifs successivement de plus en plus forts, en commençant par le plus faible. Dès qu'on aura obtenu la parfaite régularité des lignes du cadran, il conviendra de s'arrêter. Le chiffre de l'astigmatisme cornéen diminué du chiffre du cylindre, qui amène la régularité des lignes, représente le degré de la contraction. Si les deux chiffres sont égaux, il faudra en conclure que la contraction fait défaut.

La prédilection bien marquée des myopes à prendre des sphériques concaves forts, est expliquée par ce fait qu'il mettent aussitôt en jeu les contractions correctives de leur astigmatisme. Ces contractions, sollicitées par un concave trop fort, dissimulent souvent en clinique l'astigmatisme subjectif.

On verra plus loin (§ 8) quelle proportion d'astigmates nous avons trouvé chez les myopes. On verra également comment nous sommes arrivé à nous convaincre que les sujets corrigent de près leur asymétrie. Ils y arrivent en forçant la main aux contractions par le rapprochement.

Leur conduite est imitée par certains emmétropes qui ne corrigent pas au loin, soit parce que leur santé est un peu débile, soit parce que leur asymétrie statique est trop élevée.

Enfin, il est possible de constater, dans les astigmatismes cristalliniens (dus probablement tous à une contraction astigmogène) des corrections partielles correctrices dans la vision de près. Dans les mêmes organes (cristallin et muscle ciliaire) se trouveraient donc et la cause du mal et l'adoucissement à ce mal. Ce n'est que depuis peu que nous admettons cette correction.

Toute correction qui n'existe que de près est le résultat d'un artifice ; ce n'est pas une vraie correction physiologique. Quand nous disons qu'un œil corrige ou ne corrige pas son astigmatisme, nous avons en vue les résultats de l'épreuve au loin. C'est là seulement qu'on apprend à connaître les bonnes corrections, celles qui se font spontanément, sans effort.

L'étude des contractions astigmatiques chez les hypermétropes donne lieu à quelques remarques intéressantes.

On peut observer, par exemple, une correction complète de l'astigmatisme, alors qu'il existe de l'hypermétropie manifeste. Cette même correction peut se trouver chez des sujets atteints de paralysie de l'accommodation.

Les hypermétropes ont une singulière manière de neutraliser leur asymétrie. On pourrait croire que, par une contraction générale, ils cherchent d'abord à corriger le méridien le moins hypermétrope et qu'ils réservent à la contraction partielle le soin de donner de la réfraction à l'autre méridien, de manière à faire converger sur la rétine les rayons qui le traversent. Or, ce n'est pas ce qui a lieu. La contraction générale est telle qu'elle corrige même l'hypermétropie du méridien le moins divergent. Il en résulte forcément un astigmatisme myopique simple auquel la contraction partielle est chargée de remédier. Il est probable que cette transformation de l'astigmatisme hypermétropique simple en myopique simple s'opère toutes les fois que l'amplitude d'accommodation est encore

forte et que le degré de l'astigmatisme n'est pas susceptible d'une correction entière. Cette substitution a, sans doute, pour but de fournir des images verticales nettes, images qui, on le sait, ont toutes les préférences des astigmates.

Un fait, également digne d'être signalé, est celui-ci : Si l'hypermétropie n'est pas corrigée, le sujet accepte comme exactement correcteurs de son asymétrie des cylindres qu'il trouve trop forts quand son hypermétropie manifeste est neutralisée. Il faut donc toujours rechercher le meilleur verre sphérique convexe, et, celui-ci trouvé, voir quel est le cylindre le plus approprié.

Les contractions correctrices peuvent n'être que de 0,25 D., ou atteindre plusieurs dioptries.

Par leur réunion, les contractions élastiques et les contractions rénitentes donnent parfois des corrections supérieures à 1,50; mais, le plus ordinairement, la correction qu'elles procurent est de 0,75 à 1,25 D. Les chiffres de 2, 3, 4 dioptries sont tout à fait exceptionnels.

La loi de Javal sur les variations de l'astigmatisme subjectif selon l'âge est parfaitement exacte; mais, comme toutes les lois, elle est susceptible d'exceptions. La disparition prématurée des contractions correctrices est réelle et assez fréquente. Nous l'avons maintes fois constaté chez des enfants de 8 et 10 ans, soit qu'ils fussent lymphatiques, soit qu'ils sortissent de maladie (rougeole, scarlatine, fièvre typhoïde, etc.). Inversement, on rencontre ces contractions bien après quarante ou cinquante ans. Chez les nerveux, elles sont plus tenaces, plus durables. Si l'on venait à dresser une double statistique, l'une de migraineux, l'autre de non migraineux, on trouverait qu'il faudrait reculer cette limite pour les premiers, et qu'au contraire, pour les seconds, il conviendrait probablement de l'abaisser.

La solution d'atropine dont nous avons l'habitude de nous servir, est au 1/200. Il n'est pas exceptionnel qu'une heure après l'instillation de trois gouttes de ce collyre, la contraction rénitente ait complètement disparu. Néanmoins, assez souvent nous avons remarqué que cette dose et ce temps étaient insuffisants pour rendre manifeste la totalité de l'astigmatisme statique; d'ordinaire, ce n'est qu'après avoir fait instiller, dans

l'espace de vingt-quatre heures, à trois fois différentes, trois gouttes de ce mydriatique, que nous procédons à l'examen. Il est fort rare qu'en agissant ainsi la contraction correctrice ne soit pas entièrement détruite. Cependant on rencontre, parfois, des cas où l'accommodation astigmatique ne cède qu'à une cure énergique et prolongée. Chez quelques sujets, il faut doubler la force de la solution, et il est impossible de prévoir le temps pendant lequel l'on devra pratiquer les instillations.

La cocaïne agit chez un sujet astigmate, sensiblement de la même manière qu'un verre sphérique positif léger. Si l'astigmatisme est corrigé entièrement par une contraction rénitente, la cocaïne, pas plus que le verre, ne fait apparaître le moindre degré d'astigmatisme subjectif. S'il y a, au contraire, une contraction élastique, après la cocaïne, comme par l'interposition du verre, une ligne plus noire apparaît au cadran.

L'ésérine fait naître des contractions élastiques; la pilocarpine donne du ton aux contractions existantes.

Les contractions partielles, une fois disparues, peuvent revenir chez les jeunes sujets. C'est là un fait très certain et très important.

Les contractions partielles augmentent l'acuité visuelle (Nordenson). Cela n'est quelquefois que pour un temps; il arrive un moment où la vue des astigmates faiblit et devient inférieure à la normale, c'est lorsque la force des contractions partielles a sensiblement diminué. Les efforts que fait le muscle ciliaire ont pour conséquence de congestionner les membranes internes et de diminuer la sensibilité de la rétine. Si l'on vient à mettre le sujet au repos, on ne tarde pas à constater une amélioration sensible dans la force visuelle. L'emploi de verres cylindriques bien appropriés conduit, quand il est encore temps, à d'excellents résultats.

Donders, dès 1862, avait signalé cette conséquence de l'astigmatisme sur l'acuité visuelle, et avait soupçonné l'amélioration qu'apporte peu à peu l'usage des cylindres. Mais le très illustre physiologiste n'avait pas rattaché à sa véritable cause cette faiblesse de la vue. Ne connaissant pas les contractions partielles, il accusait l'accommodation d'une manière générale et la position inclinée de la tête.

L'observation démontre que, assez souvent chez les astigmates, la presbytie apparaît un peu plus tôt. Elle montre également que si ces astigmates ont voulu lutter non seulement contre les conséquences de leur asymétrie cornéenne, mais également contre les premières atteintes de leur presbytie, il n'est pas exceptionnel qu'il faille leur prescrire, pour la vision de près, des verres plus forts que ceux de leur âge.

Les conséquences qui découlent de la connaissance des contractions partielles sont diverses et de la plus grande importance.

L'astigmatisme cristallinien, inverse du cornéen, étant, dans la très grande majorité des cas, un état dynamique, susceptible de disparaître sous l'influence de l'atropine, on doit proscrire l'emploi de cet agent, lors de la détermination subjective de l'astigmatisme. La paralysie du muscle ciliaire conduit à la prescription de cylindres trop forts qui ne seraient pas tolérés. L'astigmate n'a besoin que du verre qui correspond à la partie manifeste de son anomalie.

L'ophtalmomètre doit être la boussole qui indique la route à suivre dans les recherches subjectives de manière à s'assurer une déterminaison exacte et rapide de l'astigmatisme. Utilisé seulement dans ce but, cet instrument est d'un secours inappréciable. L'exploration objective doit être suivie, dans tous les cas, d'un examen subjectif. Sans cela on serait exposé, ou à ordonner des verres, alors qu'il existe une contraction entièrement correctrice, ou à en formuler de trop forts, si la correction est incomplète. Inversement, si l'astigmatisme cornéen était accompagné d'un astigmatisme cristallinien homonyme non corrigé, le verre indiqué par l'ophtalmomètre serait trop faible.

La correction de l'astigmatisme de la cornée par l'astigmatisme dynamique du cristallin pouvant être limitée à un seul œil, bien que les deux yeux en aient un égal besoin, dans aucun cas on ne devra se contenter d'explorer subjectivement qu'un organe.

La contraction élastique ne doit pas être ménagée : elle est généralement accompagnée de fatigue. Il faut donc ordonner, non le plus faible des cylindres qui établit l'harmonie dans la teinte des lignes du cadran, mais bien le plus fort avec lequel ce résultat est encore obtenu.

Tant qu'on a pensé que l'astigmatisme cristallinien, correcteur de celui de la cornée, ne pouvait pas plus varier que celui de cette membrane, il était logique de croire que l'astigmatisme subjectif, qui est l'expression de la différence existant entre ces deux asymétries, devait toujours être le même à n'importe quel moment de l'existence. Il était dès lors inutile de rechercher chez un sujet la présence de l'astigmatisme subjectif, lorsqu'un examen, pratiqué quelques années auparavant, avait donné des résultats négatifs. Il paraissait également inutile de faire varier avec l'âge la force des verres cylindriques ordonnés en lunettes. Nos connaissances actuelles sur la nature dynamique de cet astigmatisme cristallinien correcteur doivent modifier nos idées et nos actes. Les résultats d'un examen subjectif ne peuvent engager que le temps présent ; l'avenir doit être réservé. Si l'astigmatisme subjectif fait défaut, il peut apparaître un jour, ou, s'il existe, son degré peut augmenter avec les années.

Si, chez des jeunes gens, on vient à prescrire des cylindres pour mettre fin à de l'asthénopie, dans la suite, on devra surveiller la réfraction du malade. Ainsi que nous l'avons établi, l'accommodation astigmatique peut réapparaître, après avoir fait défaut pendant un certain temps. La force des cylindres devra varier selon les changements constatés et, si un jour la correction redevient complète, les lunettes devront être mises de côté. Le retour des contractions coïncidant d'ordinaire avec la venue des forces et de la santé, il conviendra d'associer au traitement optique des toniques généraux et des reconstituants de toute nature.

Nous nous sommes posé le problème inverse : Faire disparaître, d'une façon durable, une contraction rénitente dont, pour un motif ou pour un autre, on désire parfois se débarrasser. Nous avions pensé mettre ces contractions peu à peu à la porte en employant des cylindres progressivement de plus en plus forts. Jusqu'ici nos tentatives ont complètement échoué. La nature de la contraction est trop dans le tempérament pour qu'il soit possible de la modifier par des verres.

B. — CONTRACTIONS ASTIGMOGÈNES

La contraction partielle du ciliaire que nous venons de voir remplir un rôle si utile, si bien calculé, si en rapport avec l'anomalie physique préexistante, se présente dans certains cas sous un aspect bien différent. Cette contraction, en effet, peut parfois atteindre une intensité supérieure au degré du défaut qu'elle est appelée à corriger. Le but visé est dépassé. Il y a *surcorrection*, pour nous servir de l'heureuse expression que Javal a introduite dans la science.

Dans ces conditions, le raccourcissement des fibres du ciliaire, loin d'être un acte providentiel qui améliore la vision en neutralisant les conséquences d'une asymétrie cornéenne, en fait, au contraire, apparaître une nouvelle, à direction perpendiculaire, d'un chiffre souvent plus élevé, et dont la présence est généralement une cause plus certaine de gêne, d'irritation, soit pour l'œil, soit pour les organes du voisinage.

Si, dans la majeure partie des faits, la contraction correctrice est considérée comme un acte normal, comme une véritable accommodation astigmatique, dans aucun cas la contraction surcorrigeante ne peut être envisagée de la sorte; c'est toujours une manifestation morbide.

L'astigmatisme cristallinien, conséquence d'une contraction associée et survenant dans un œil pourvu d'un léger astigmatisme cornéen, constitue une première espèce de surcorrection (voir § 5); mais il en existe une autre espèce où l'influence d'un œil sur son congénère est nulle.

Chez neuf malades, la nature dynamique d'une surcorrection a été attestée par la disparition d'un astigmatisme subjectif perpendiculaire à celui de la cornée et par son remplacement par un autre astigmatisme égal au cornéen et dirigé dans le même sens.

Six fois, cette contraction est survenue spontanément; dans trois faits, elle paraît avoir été la conséquence d'un traumatisme (contusion légère de la région oculaire, présence d'un corps étranger dans le sac conjonctival).

Le degré de résistance d'une surcorrection est variable.

Dans un exemple de surcorrection par contusion, la résolution s'est opérée d'elle-même. Dans deux autres cas, la cocaïne

employée pendant 27 jours et l'atropine durant 15 jours, ont pu vaincre la contraction. Les surcorrections spontanées, pour arriver à résolution, ont exigé un traitement atropinique de 2, 15, 20 et 27 jours.

L'astigmatisme cornéen était : 8 fois, de 0,25; 1 fois, de 1 D.

La partie surcorrigeante de la contraction a été : 1 fois, de 0,25; 8 fois, de 0,50 ; 1 fois, de 1,50 D.

La totalité de la contraction spasmodique, qui a pour mesure le chiffre de l'astigmatisme cornéen augmenté de la force du cylindre qui fait disparaître l'asymétrie subjective, présente donc une intensité plus ou moins forte. Elle a été : 1 fois, de 0,50; 7 fois, de 0,75; et 1 fois, de 2,50 D.

Un astigmatisme cristallinien dynamique peut exister dans un œil dont la cornée et celle du congénère sont exempts de tout vice de contraction asymétrique. Donders ne croyait pas à l'existence de cet astigmatisme. « Dans ces cas, j'ai toujours pu constater, dit cet auteur, une déviation sensible dans la position du cristallin, de telle sorte que je n'eus jamais de raison d'admettre, comme cause de l'astigmatisme, un changement dans la forme du cristallin. »

La réalité de cet astigmatisme repose sur 19 observations personnelles (celles produites par les auteurs laissent des doutes à divers titres), dans lesquelles l'astigmatisme existant a disparu soit spontanément, soit sous l'influence d'un traitement approprié.

Deux fois, l'astigmatisme spasmodique a été la conséquence d'un traumatisme (piqûre, corps étranger de la cornée); dans les autres cas, il est survenu spontanément.

Chez plusieurs malades (contusion, menstrues, regard oblique), la durée du spasme n'a été que de deux ou trois jours, sans emploi de médicaments. Dans un cas, le phénomène, de date récente, a cédé à un traitement par l'homatropine (8 jours après un essai infructueux par la cocaïne). Dans tous les autres cas, il a fallu l'emploi de l'atropine, pendant un temps plus ou moins prolongé (12, 15, 25, 30, 49, 56 jours).

La force de la contraction a varié de 0,25 à 0,75 ; sur 19 cas 16 fois elle a été de 0,50 D.

La réfraction de nos malades mérite d'être mentionnée.

Dans les deux cas de traumatisme, l'organe était emmétrope. Cet état s'est rencontré quatorze autres fois. Un emmétrope n'est apparu tel qu'après l'emploi de l'atropine : au premier examen, les deux yeux étaient le siège d'une myopie spasmodique. La myopie statique ne s'est rencontrée que sur deux yeux.

L'âge doit être noté, du moins en ce qui concerne les personnes chez lesquelles l'atropine a été employée. Voici les chiffres trouvés (30, 22, 28, 25, 16, 14, 27, 13). En comparant ces âges avec ceux accusés par les malades, chez lesquels l'atropine n'a donné aucun résultat, on constate que les spasmes qui se laissent détruire par l'atropine sont particulièrement ceux qui s'observent chez de jeunes sujets.

Le tempérament nerveux, irritable, se rencontre chez tous les sujets où le spasme a une origine spontanée. Nous comptons 6 femmes et seulement 3 hommes.

Les maladies concomitantes, observées chez les sujets dont il vient d'être question, ont été : Migraines bilatérales; blépharospasmes bilatéraux; chalazion bilatéral; larmoiement unilatéral; conjonctivites unilatérales; kératite unilatérale; myopie spasmodique bilatérale. Faisons remarquer que, sous l'influence du traitement qui a mis fin au spasme, les migraines et les ophtalmies diverses ont disparu.

Sur 12 yeux atteints de surcorrection et sur 19 avec astigmatisme spasmodique, l'atropine a été employée, mais elle n'a donné aucun résultat. Il ne faut pas en induire que dans ces cas il s'agisse d'astigmatisme statique. Dans les uns, l'épreuve a été interrompue bien avant le temps nécessaire pour obtenir cette résolution. Chez les autres, en petit nombre, c'est après avoir mis longtemps à l'épreuve la patience du malade (20, 30, 60 jours). Malgré les résultats négatifs obtenus chez ces malades, nous sommes fort disposé à croire qu'ils étaient atteints d'astigmatisme spasmodique.

Les raisons qui nous font admettre, même dans ces cas, l'origine dynamique de l'asymétrie dont les suivantes :

1° C'est sensiblement les mêmes degrés d'astigmatisme statique (cas de surcorrection) que dans ceux où l'atropine a agi ;

2° C'est également les mêmes chiffres du côté des astigma-

tismes cristalliniens, toujours trouvés inférieurs aux plus forts degrés de contractions partielles dont le muscle ciliaire est capable;

3° L'atropine n'a jamais fait apparaître un astigmatisme plus élevé que celui constaté lors du premier examen;

4° Le tempérament, nettement nerveux, de tous ces sujets;

5° L'époque généralement tardive à laquelle est apparue une migraine localisée du côté de l'astigmatisme cristallinien; ce qui fait penser à un état oculaire n'ayant pas toujours existé;

6° Les divers accidents oculaires ou péri-oculaires qui accompagnent ces astigmatismes cristalliniens, sont les mêmes que ceux que nous avons vus se grouper particulièrement autour de l'astigmatisme reconnu d'origine spasmodique, soit qu'il existe entre ce dernier phénomène et les susdits accidents un lien de causalité, soit qu'une même cause préside à leur apparition simultanée.

Les longues cures d'atropine sans résultat sur un astigmatisme cristallinien ne prouvent pas la nature statique de cet astigmatisme. Il ne faut vouloir trouver dans les faits que l'enseignement qu'ils contiennent. Les seules conclusions qu'on puisse en tirer sont celles-ci :

1° L'atropine détruit certains astigmatismes cristalliniens, mais ne les détruit pas tous;

2° Si l'atropine réussit, l'origine dynamique est démontrée; si elle échoue, la nature statique n'est pas prouvée.

On ne peut rien dire en plus, car il n'a jamais été écrit que la belladone triomphait de toutes les contractions ciliaires.

D'une manière générale, voici les conseils relatifs aux contractions partielles :

Évitez le travail d'application de la part des yeux qui ont cessé de corriger leur astigmatisme statique; attendez le retour des forces et de la correction pour permettre l'étude; favorisez la venue de la santé par les fortifiants de toutes sortes (médicaments, grand air, hydrothérapie); par les moyens appropriés, triomphez, s'il est possible, du nervosisme constitutionnel et du spasme local; enfin, recourez aux cylindres convenables dans les cas où les occupations ne pourraient pas être interrompues, ou si le retour des contractions correctrices n'est plus possible, ou, enfin, si l'on n'est pas parvenu à détruire

une contraction spasmodique, faites exactement les corrections; ne laissez pas de côté les faibles degrés d'asymétrie, car le plus léger effort correctif est une cause de fatigue et de maladie.

§ 7. — Croissants de la papille et contractions astigmatiques (1).

Le croissant papillaire, dans la très grande majorité des cas, peut-être toujours, est situé à l'extrémité d'une contraction partielle du muscle ciliaire, et c'est cette contraction qui est la cause de son apparition et de son développement.

Les fibres méridiennes, dont le nombre est considérable et qui se prolongent jusque dans la partie postérieure de la choroïde, seraient les agents actifs du processus qui conduit au croissant. Ce sont ces fibres qui produiraient du côté de la rétine et de la choroïde un tiraillement, tiraillement qui, par exemple dans le cas si fréquent de croissant maculaire, aurait pour effet de rompre, au bord externe du nerf, les travées choroïdiennes profondes concourant à la formation de la lame criblée. C'est à dessein que nous employons ce mot et non celui de staphylome, voulant n'étudier ici que les causes de la lésion primitive.

Les faits qui plaident en faveur de cette théorie sont d'abord ceux où il y a empiètement de la rétine sur le tissu même de de la papille. Cet empiètement peut exister seul ou accompagner un croissant. On constate qu'il est perpendiculaire à l'astigmatisme cornéen, par conséquent parallèle à la direction de la contraction correctrice.

Mais les faits les plus concluants sont ceux dans lesquels des sujets, astigmates cornéens des deux yeux, à asymétrie dirigée

(1) Croissants de la papille. *Société française d'ophtalmol.*, 1887; *Annales d'ocul.*, t. XCVII, p. 166; *Nouvelles études sur les contractions astigmatiques*, Delahaye, Paris, 1888; *Société française d'ophtalmol.*, 1888, p. 210.

verticalement sur un œil et horizontalement sur l'autre, présentent des croissants perpendiculaires à la direction des défauts cornéens. Les deux figures ci-contre, représentant le fond des yeux (image renversée) d'un même malade, portent avec elles tout un enseignement. Nous avons rencontré plusieurs autres faits qui auraient fourni des dessins analogues.

Fig. 109
O. D. Croissant supérieur
As. cor. 75° ± 0,50

Fig. 110
O. G. Croissant interne
As. cor. 0° ± 0,50

Les résultats de la statistique (413 cas) sont également très démonstratifs. Les voici :

1° *Tous les yeux possédant un croissant sont astigmates.*

2° *La direction de cette lésion se trouve toujours dans un plan parallèle à un des méridiens principaux, le plus souvent dans celui qui présente le minimum de réfraction.*

3° *Sur 358 cas d'astigmatisme « selon la règle » (vertical), nous avons trouvé 336 croissants externes et seulement 22 inférieurs.*

4° *Sur 24 astigmatismes « contraires à la règle » (horizontaux), 24 fois le croissant était vertical.*

5° *Sur 22 astigmatismes obliques, 15 fois le croissant s'est montré perpendiculaire et seulement 7 fois parallèle à l'astigmatisme cornéen.*

6° *Dans les cas d'astigmatisme cristallinien (9 cas), le croissant était parallèle à l'astigmatisme.*

En réunissant tous les faits où le croissant se trouve dirigé parallèlement à la contraction, on constate que cette relation s'est présentée 384 fois sur 413 cas, alors que la disposition inverse aurait été vue 29 fois. La proportion des croissants orientés selon la contraction serait donc très voisine de 93 %.

Ce chiffre n'a pas besoin de commentaire. Bien qu'il soit très favorable à la relation que nous avons indiquée, nous espérons le voir bientôt remplacé par un autre bien plus favorable encore, quand il aura été démontré que les faits contradictoires ne le sont qu'en apparence.

Les croissants « contraires à la règle » dans les cas d'astigmatisme « selon la règle », appartiennent sans doute à des yeux où l'astigmatisme cornéen a été produit par une contraction ciliaire. S'il en est ainsi, il n'y aurait pas, en réalité, de contradiction. Dans ces cas, il est bien naturel que le croissant soit parallèle au défaut cornéen.

Cet astigmatisme cornéen d'origine ciliaire, que nous avons tout d'abord nié dans nos premières études, puis accepté timidement, en 1887, a une existence réelle. On le reconnaît à divers signes qui, séparés, n'ont rien de caractéristique, mais qui, réunis, ont une valeur indéniable.

Ce sont :

1° *Un rayon de courbure exceptionnel.* — Alors que le rayon moyen des myopes est de 7,73^{mm} dans le méridien le moins réfringent (Nordenson), chez nos examinés *ce rayon dépasse presque toujours* 8,00^{mm} *et atteint parfois* 8,75^{mm}. C'est là un résultat inattendu de la statistique et dont il convient de tenir compte.

2° *Un astigmatisme subjectif plus élevé que l'astigmatisme cornéen.* — Ce fait concorderait parfaitement avec l'idée que nous soutenons. La crampe accommodative produirait, en même temps que l'astigmatisme cornéen, un astigmatisme cristallinien dirigé dans le même sens et le renforçant.

3° *Une mauvaise acuité visuelle*, nullement en rapport avec le degré de l'astigmatisme.

Il s'ensuit que toutes les fois que l'ophtalmomètre révélera un astigmatisme cornéen, avant de vouloir localiser le croissant perpendiculairement à la direction de l'asymétrie, il fau-

dra examiner si cette asymétrie ne se présente pas avec les particularités sus-indiquées.

Les asymétries cornéennes obliques, accompagnées de croissants parallèles à leur direction, ne présentent aucun caractère particulier; néanmoins, comme pour les précédents, leur origine ciliaire est très probable.

Une seule et même théorie explique tous les croissants, aussi bien les internes que les externes, les supérieurs que les inférieurs. La cause qui agit chez les myopes serait également celle à laquelle l'emmétrope et l'hypermétrope doivent leurs croissants.

Ceux qui voudront vérifier cette genèse devront se rappeler que l'*emploi d'un ophtalmomètre est indispensable*. Le croissant, avons-nous dit, doit être à l'extrémité de la contraction partielle; or, cette contraction, si elle est de nature spasmodique, se trouve dans le sens de l'astigmatisme subjectif (parallèle au méridien le plus réfringent). Au contraire, si la contraction est correctrice, elle sera nécessairement dirigée perpendiculairement à l'astigmatisme subjectif. Pour connaître la direction de la contraction, il faut donc savoir à quelle variété d'astigmatisme (spasmodique, statique) on a affaire; le diagnostic ne peut être établi par l'examen subjectif. L'ophtalmomètre s'impose surtout dans les cas où la contraction partielle est absolument correctrice. En effet, là où l'examen subjectif aura fait croire à la plus parfaite symétrie, il révèle du même coup une asymétrie cornéenne, et indirectement l'existence d'une contraction correctrice.

L'examen subjectif est non moins indispensable. La contraction astigmatique n'est pas toujours perpendiculaire à l'astigmatisme cornéen. Il a parfois des écarts de 30° et même plus. Ici, la contraction correctrice se trouve dirigée perpendiculairement non à l'asymétrie de la cornée, mais à celle de l'œil : d'où la nécessité d'un examen subjectif.

L'intervention du muscle ciliaire dans la production d'un des éléments les plus intimes de la myopie est donc un fait réel. C'est le moins que l'on puisse déduire de l'étude à laquelle nous venons de nous livrer. Et, en tenant compte des deux autres faits d'observations, qu'il n'y a peu de myopie sans astigmatisme (statique ou dynamique) et que le meilleur moyen

optique d'arrêter la marche d'une myopie est le port constant du cylindre correcteur de cette anomalie, il est permis d'affirmer que le muscle ciliaire joue, dans la production de la myopie, un rôle *important*, nous dirions même *essentiel* s'il nous était permis de faire valoir ici certaines considérations pathogéniques.

§ 8. — Rôle des contractions partielles dans la production et la progression de la myopie (1).

Différentes causes président au développement et à l'accroissement de la myopie : les unes sont prédisposantes, les autres occasionnelles.

Les causes occasionnelles qui, pendant le travail, commandent un rapprochement exagéré, sont de deux ordres : celles indépendantes du sujet; celles qui ont pour siège l'œil lui-même.

Les premières sont : éclairage insuffisant, mauvais mobilier scolaire, écriture penchée, livres imprimés trop fin. Ces causes sont fort réelles. Chacune d'elles est efficace isolément; réunies, leur activité est plus grande. Mais elles n'ont point assurément le degré de puissance qu'on leur attribue. Ces causes, en effet, écartées avec soin, la myopie est toujours là frappant à droite et à gauche et faisant de nombreuses victimes.

Il fallait donc rechercher d'autres causes. Nous en trouvons une — il y en a d'autres — dans l'astigmatisme que ne corrige pas une contraction partielle *spontanée* du muscle ciliaire, mais uniquement celle *liée à une forte convergence*.

Un jeune astigmate, possesseur d'une contraction correctrice se manifestant spontanément dans la vision éloignée, ne rapprochera pas trop en travaillant. Placé dans de bonnes conditions, il lira à la distance réglementaire. Si on le trouve en

(1) *Société française d'ophtalmologie*, 1887, p. 261; *Société d'ophtalmologie de Paris*, 1888; *Écho médical de Toulouse*, 1889.

difficultés de l'examen, bien des résultats ne sont pas concluants. Nous croyons être sensiblement dans le vrai, en disant qu'un cinquième environ, au loin, ne neutralise pas du tout, ou fort incomplètement, un astigmatisme d'un degré corrigible.

La correction spontanée laisse d'autant plus à désirer que la faiblesse musculaire est plus grande et que l'asymétrie est plus accentuée. L'effort correcteur est dès lors en rapport avec l'intensité de ces deux états. Son degré maximum se manifeste lors de la plus grande contraction générale dont le muscle ciliaire est susceptible dans une forte convergence. Le rapprochement est donc proportionnel à l'état de faiblesse de l'individu et au chiffre de l'asymétrie oculaire.

Quand l'astigmatisme est d'un degré trop élevé, le muscle ciliaire, incapable, même pendant une forte convergence, de corriger d'une façon utile à la vision, abandonne complètement la partie. C'est là un point important à connaître. Il explique pourquoi, contrairement à ce que la théorie porterait à penser, les hauts degrés d'asymétrie sont rarement accompagnés de myopie.

Sur 100 myopes, combien y en a-t-il qui deviennent tels, par le fait de l'astigmatisme ? C'est là une question à laquelle, pour le moment, il est assez difficile de répondre. Ce que nous pouvons affirmer, c'est qu'il peut y en avoir beaucoup, car nous sommes arrivé à trouver la proportion de 97 0/0 d'astigmates parmi les myopes. Ce chiffre a été accueilli avec assez d'incrédulité.

Un jour n'est pas loin, nous pouvons l'affirmer sans crainte d'être démenti par les événements, où il sera accepté par tous. On reconnaîtra alors, avec nous, qu'un élément qui se rencontre si fréquemment chez une catégorie de sujets, tandis qu'il se présente moins souvent, *et avec des caractères autres*, chez cent individus pris au hasard, ne peut être un élément indifférent. L'association presque constante de ces deux états indique sûrement une relation de cause à effet; mais elle ne permet pas d'induire, nous le répétons, que tout myope, ayant de l'astigmatisme, le soit devenu par le fait de cette asymétrie.

L'éclairage, le matériel, l'écriture, la lecture, n'agissent que passagèrement; l'astigmatisme, au contraire, intervient d'une

façon permanente. Il est en cause, que le sujet lise ou qu'il écrive, qu'il soit éclairé par le soleil ou par une source artificielle, qu'il se trouve à la classe ou à l'étude, qu'il habite la pension ou dans sa famille. Ce facteur est de chaque instant. C'est pour ce motif que nous pensons qu'il est la principale cause occasionnelle du rapprochement.

Du reste, chez un astigmate qui ne corrige pas, il est facile de se rendre compte si c'est l'asymétrie qui engendre la mauvaise attitude. Voici comment nous nous y prenons : nous plaçons d'abord le sujet dans les conditions de travail reconnues les meilleures et nous lui recommandons de faire des efforts pour se tenir éloigné le plus possible du livre où il doit trouver un récit l'intéressant vivement. Généralement, au bout de quelques minutes, captivé par sa lecture, il oublie le conseil donné, et on le voit se rapprocher de plus en plus. Cette constatation faite, nous lui donnons, en lunettes, les verres qui corrigent exactement l'astigmatisme et lui recommandons de continuer sa lecture en plaçant son livre à une bonne distance. Nous l'observons de nouveau, et cela pendant au moins le double de temps qu'a duré la première partie de l'expérience. S'il sort de cette dernière épreuve sans avoir sensiblement changé de position, et surtout, les lunettes enlevées, s'il se penche de nouveau rapidement, nous nous croyons autorisé à conclure que la cause du rapprochement réside uniquement dans l'astigmatisme.

L'astigmatisme est, selon nous, un des motifs occasionnels d'apparition de la myopie ; c'est également une des causes de l'augmentation progressive de cette maladie. Devenu myope, presque toujours ce sujet continuera à ne pas bénéficier d'une correction spontanée de son astigmatisme, et, comme par le passé, provoquera par le rapprochement la manifestation de la contraction correctrice.

La neutralisation spontanée de l'astigmatisme chez les myopes est si rare que, sur 100 sujets, on ne la rencontre que trois ou quatre fois environ. Et, encore, ne faut-il pas voir dans cette manifestation, comme dans la contraction correctrice, un acte quasi physiologique. C'est alors une contraction morbide, spasmodique, comme tétanique, ainsi que l'atteste le peu d'action qu'a sur elle l'atropine qui, au contraire, réduit

si facilement la contraction astigmatique ordinaire des emmétropes.

C'est bien pour avoir une vision homocentrique, que certains sujets rapprochent plus que ne l'exige le degré réel de leur myopie. Il est aisé d'en avoir la preuve. Que l'on prenne un petit cadran rayonné, facile à mouvoir sur une règle divisée en pouces, et l'on constatera rapidement les faits que nous venons d'indiquer.

On remarquera d'abord qu'au chiffre de la règle correspondant à la myopie, toutes les lignes du cadran ne sont pas vues également noires;

Ensuite, que la parfaite similitude des lignes ne sera pas généralement obtenue au niveau du chiffre qui égale la somme de la myopie et de l'astigmatisme;

Enfin, qu'une teinte uniforme et persistante de tous les rayons s'observera en deçà de ce chiffre et à la distance où d'ordinaire le sujet place l'objet du travail.

§ 9. — De l'amblyopie des astigmates (1).

Chez les astigmates, le degré d'amblyopie, constaté après une correction exacte varie de 1/10 à 9/10 et au delà. D'une manière générale, on peut dire que le chiffre de l'amblyopie est proportionnel à celui de l'astigmatisme. Néanmoins, il n'y a rien d'absolu. On peut, en effet, rencontrer l'acuité 1/1 avec une asymétrie de 4 D. et, inversement, de l'amblyopie avec une asymétrie seulement de 1 D.; ces exceptions semblent être liées à l'état de la santé générale.

Lorsqu'un individu a un bon œil, l'amblyopie du congénère, à degré égal d'astigmatisme, est plus prononcée que lorsque les deux yeux sont amblyopes. L'amblyopie 1/10, lorsqu'elle

(1) Note présentée à l'*Académie de médecine de Paris*, janvier 1890. — *Annales d'oculistique*, nos de janvier, février, mai et juin 1890. — *Société française d'Ophtalmologie*, 1890.

est unilatérale, apparait avec une moyenne d'astigmatisme de 1,75 D., tandis que dans l'amblyopie bilatérale, pour ce même chiffre 1/10, cette moyenne est de 2.50. Dans les deux variétés d'amblyopie, à partir de ces moyennes, chaque quart de dioptrie d'astigmatisme augmente le degré de l'amblyopie d'environ 1/10. Cela ne semble être vrai pour l'amblyopie unilatérale que jusqu'à 4/10. Nous n'avons pas rencontré d'amblyopie bilatérale supérieure à 6/10, tandis que nous avons noté 20 cas d'amblyopie unilatérale au delà de ce chiffre. La plupart atteignaient et dépassaient 9/10.

Les contractions partielles du muscle ciliaire, correctrices de l'astigmatisme statique, d'autant plus fortes que la santé est meilleure, rendent parfaitement compte des amblyopies légères dans des cas d'astigmatisme prononcé. L'absence ou l'insuffisance de ces contractions, liées à une faiblesse constitutionnelle, explique même chez les sujets légèrement astigmates, la partie de l'amblyopie qui n'est pas sous la dépendance de l'état congestif.

Lorsqu'un œil est peu ou pas astigmate, son congénère, notablement astigmate, fait des efforts moindres pour corriger son défaut optique. C'est pourquoi, avec un chiffre faible d'astigmatisme, on a déjà une amblyopie unilatérale prononcée. Il est probable que d'autres causes (strabisme, défaut d'usage, hypermétropie non reconnue?) viennent s'adjoindre à l'astigmatisme pour produire les fortes amblyopies unilatérales.

Il faut compter deux formes d'amblyopie chez les astigmates. Ou le trouble visuel se présente avec la même intensité dans les divers méridiens, ou il n'existe que dans une direction. Souvent, dans un même œil, les deux formes se trouvent combinées. Lorsque l'astigmatisme est corrigé, la différence dans les acuités notées dans les deux méridiens principaux indique la part d'amblyopie sous la dépendance immédiate de l'asymétrie (amblyopie astigmatique). Cette amblyopie s'impose à l'esprit après l'observation clinique suivante : Il existe de nombreux cas d'astigmatisme régulier où il est impossible d'obtenir une correction parfaite : au cadran rayonné, les lignes primitivement plus pâles restent toujours moins foncées; l'acuité visuelle y est inférieure à celle trouvée dans le méridien perpendiculaire. Cet état de choses est certainement

sous la dépendance d'une anesthésie limitée de la rétine. Pour bien voir, d'une manière générale, il faut recevoir sur la rétine, des images homocentriques. Si la rétine *du tout jeune enfant* n'est pas impressionnée par de semblables images, sa vision sera mauvaise et restera toujours telle. Car, bien voir dans l'âge adulte suppose une éducation parfaite de la rétine dans le jeune âge, au moment du développement fonctionnel des sens. Pour que les éléments rétiniens arrivent à posséder une sensibilité égale dans toutes les directions, il faut qu'ils soient excités d'une façon identique par la lumière. Or, dans le cas d'astigmatisme, l'excitation n'est pas la même dans un sens que dans le sens perpendiculaire : ici, elle se fait par des rayons réunis en foyer; là, par des cercles de diffusion. Comme cette action inégale de la lumière est de tous les instants, que la stimulation parfaite porte toujours sur les mêmes points et que les autres points sont toujours en relation avec la stimulation imparfaite, il en résulte que les éléments acquièrent définitivement un degré plus grand de sensibilité selon tel ou tel méridien. Une rétine, constituée par la réunion d'éléments qui auront subi cette éducation verra comme eux d'une façon asymétrique. Dans la suite, on aura beau corriger l'astigmatisme d'un œil pourvu d'une semblable rétine et remplacer les cercles de diffusion par des images nettes et homocentriques, on ne parviendra pas à établir une vision égale dans tous les sens : l'asymétrie de réfraction sera neutralisée, mais une asymétrie d'acuité subsistera.

La connaissance que nous avons des différences qui existent selon les sujets dans l'intensité des contractions partielles, correctrices, nous explique pourquoi l'amblyopie astigmatique n'existe pas chez tous les astigmates et se présente avec des degrés variant selon les cas.

Il est utile de savoir quels sont les éléments constitutifs d'une amblyopie. Celle s'étendant également à tous les méridiens est susceptible d'une grande amélioration par le port d'un cylindre, tandis que l'amblyopie astigmatique n'a jusqu'ici donné aucun signe de curabilité.

La connaissance de l'amblyopie astigmatique répand une vive lumière sur les conditions qui président à l'éducation du sens de la vue : la rétine, pour acquérir une excellente sensi-

bilité, doit être précédée d'un appareil réfringent parfait et homocentrique. De plus, la mise au point est indispensable. Dans l'hypermétropie absolue, il y a anesthésie rétinienne et les verres sphériques convexes n'améliorent que fort peu l'acuité. Un vice de réfraction étant capable de nuire sérieusement à la sensibilité de la rétine, on conçoit quel préjudice doit lui porter une cataracte congénitale.

L'amblyopie astigmatique explique pourquoi des cylindres exactement correcteurs n'améliorent que très faiblement la vision de certains astigmates. Que peut faire ce verre, en face d'une anesthésie rétinienne existant précisément dans la direction où ce verre va agir? Les cercles de diffusion n'y sont plus; mais, qu'importe! la rétine à ce niveau ne sait pas voir les images nettes. Cette même amblyopie nous apprend indirectement quels sont les plus hauts degrés de correction astigmatique dont le ciliaire est capable. En outre, sa présence nous indique, ici, qu'un certain degré d'amblyopie a précédé une déviation strabique; là, qu'un astigmatisme d'un degré notable a existé avant l'apparition d'une kératite astigmatique, ou encore qu'un trouble visuel, récemment constaté, date déjà de loin. C'est donc un élément précieux de diagnostic rétrospectif dans diverses circonstances. La connaissance de cette amblyopie nous impose d'opérer la cataracte congénitale à l'aide du procédé qui expose le moins à un astigmatisme cornéen consécutif : toute correction astigmatique de la part de l'œil étant alors impossible, l'amblyopie partielle est fatale.

La correction des astigmatismes où cette amblyopie existe, doit être faite selon la formule suivante : S'arrêter au cylindre qui donne au méridien amblyope la meilleure acuité. On se tromperait lourdement en cherchant à imposer un cylindre qui égaliserait la vision dans tous les méridiens.

XLII

ASTIGMATISME

SELON ET CONTRE LA RÈGLE

RÉSULTATS COMPARÉS DE L'EXAMEN OBJECTIF

(KÉRATOMÉTRIE, SKIASCOPIE)

ET DE L'EXAMEN SUBJECTIF

Par le Dr CHIBRET (de Clermont-Ferrand)

(*Archives d'Ophtalmologie*, 1890.)

Au commencement de 1884, époque où j'ai commencé l'emploi de l'ophtalmomètre dans la détermination de l'As., j'avais admis que la détermination par l'ophtalmomètre fournit l'As. total de la cornée et que cet As. peut être considéré comme l'As. total du système dioptrique oculaire.

En procédant ainsi, je savais bien que les As. purement cristalliniens m'échappaient et je ne me dissimulais pas que l'As. cornéen pouvait différer quelque peu de l'As. indiqué par l'ophtalmomètre; toutefois, pour la commodité de la clinique j'avais admis un principe généralement vrai, me disant que je serais amené plus tard à compter avec l'exception.

La communication de Javal au congrès de la Société française d'ophtalmologie en 1887 me donna l'idée de rechercher un moyen très sensible de diagnostic objectif, capable de suppléer à l'insuffisance de l'ophtalmomètre dans les cas d'As.

contre la règle : ce moyen, je crus pouvoir le trouver dans la skiascopie. M'étant perfectionné dans ce procédé, *je suis arrivé à le considérer comme supérieur à tous les autres pour la détermination des faibles degrés d'As.*, car il me permet de les évaluer à 0,25 D. près, dans la majorité des cas.

Sûr de l'exactitude du procédé, je commençai en septembre 1889 à soumettre toutes mes déterminations d'As. à l'examen skiascopique avant la détermination ophtalmométrique et à contrôler l'une par l'autre ; c'est le résultat de ces recherches que je viens exposer sommairement.

569 consultants ont fourni 37 sujets astigmates, tirant un profit indiscutable de l'emploi des cylindres, soit 6,5 p. 100 ; cette proportion est fort intéressante. En effet (*Arch. d'opht.*, p. 421, 1887), j'ai établi qu'en 1883, avant l'emploi de l'ophtalmomètre, je trouvais 1,7 p. 100 de sujets astigmates ; qu'en 1885, après avoir fait, pendant l'année 1884, l'apprentissage de l'ophtalmomètre, et par l'emploi exclusif de cet instrument, le chiffre de 1,7 p. 100 s'élevait à 3,6 p. 100. Or, en 1889, avec une plus grande habileté, résultant d'un plus long usage, en tenant compte des faibles degrés un peu négligés au début, et, avec l'aide de la skiascopie, le chiffre des cas d'As. atteint 6,5 p. 100. Dans quelle proportion la skiascopie a-t-elle contribué à enfler ce chiffre ? Dans la proportion de 1,3 p. 100 environ ; en effet, sur 77 yeux astigmates fournis par 37 sujets, nous avons 15 yeux astigmates contre la règle et 62 selon la règle. Or, dans la plupart des cas d'As. contre la règle, l'ophtalmomètre n'a pour ainsi dire rendu aucun service, car il a été muet ou insuffisant dans ses indications et c'est la skiascopie et l'examen subjectif qui ont précisé le diagnostic.

Retenons donc les faits suivants : sur 6,5 p. 100 d'astigmates, 5,2 p. 100 sont établis par l'ophtalmomètre ; 1,3 p. 100 lui échappent ; 19 *p.* 100 *des cas d'As. sont des cas contre la règle.*

Mais au cours de mon travail un autre fait est apparu clairement : les indications de l'ophtalmomètre sont souvent inférieures à la réalité, même dans les cas selon la règle : au lieu de donner exactement le chiffre de l'As., l'instrument fournit un chiffre fréquemment trop faible, qui peut l'être de 1 et 2 D., surtout dans les forts degrés et chez les jeunes sujets :

il n'est pas rare de trouver 4,50 à l'ophtalmomètre et 6 à la skiascopie.

Quelle est la cause de cet écart? Y a-t-il As. cristallinien s'ajoutant à l'As. cornéen ou bien l'As. cornéen n'est-il pas entièrement décelé par l'ophtalmomètre? Telles sont les deux seules suppositions que l'on peut faire. J'incline à penser que la seconde hypothèse est la vraie; en effet, Javal cite (*Annales d'Oculistique*, 1881, t. LXXXVI, p. 15) son propre cas et celui d'un malade ou l'As. subjectif fut d'abord inférieur, puis dépassa l'As. de l'ophtalmomètre. J'ai moi-même, depuis lors, ainsi que bien d'autres, observé des cas semblables. Par conséquent, les contractions astigmatiques du cristallin, démontrées par G. Martin, doivent être considérées comme diminuant et non augmentant l'As. cornéen. En outre, les mensurations cornéennes fournies par l'ophtalmomètre, muni du prisme usuel, sont prises non pas sur le centre de la cornée, ni sur le point de la cornée qui passe par l'axe visuel, mais à 1 millim. en dehors de ce dernier point. Or la forme ellipsoïde de la cornée rend possible l'existence d'une déformation astigmatique plus forte vers le centre que dans des parties notablement périphériques, celles qui sont mesurées par l'ophtalmomètre.

Mais en fournissant une indication trop faible, l'ophtalmomètre n'a tort que spéculativement; pratiquement et cliniquement, il a raison très souvent. Car il néglige une fraction de l'As., laquelle demeure fréquemment corrigée par les contractions astigmatiques; en sorte que le malade peut accepter le cylindre insuffisant donné par l'ophtalmomètre et refuser le cylindre exact indiqué par la skiascopie. Toutefois, il sera bon de ne considérer que comme temporaire cette correction insuffisante et, plus tard, avec les progrès de l'âge, d'offrir à nouveau la correction totale ou skiascopique. On trouve des sujets, même jeunes, qui acceptent la correction totale: M. C... 18 ans, avec: OD $0^{o} \pm 1{,}25$; OG $5^{o} \pm 3{,}50$, accepte la correction skiascopique: OD $175^{o} - 2 + 2$; OG $5^{o} - 4{,}5 + 2{,}5$. M^lle^ M... porte OD une taie avec mauvaise acuité; OG $0^{o} \pm 0{,}25$; avec $0^{o} - 2$, $V = \frac{2}{3}$ au lieu de $\frac{1}{4}$ avec $0^{o} - 0{,}25$.

En résumé donc : 1° l'As. bien constaté par les procédés objectifs, notamment l'ophtalmomètre et la skiascopie, s'est

présenté dans la proportion de 6,5 p. 100 en dehors de toute intervention opératoire; 2° l'As. cornéen, selon la règle, est de beaucoup le plus fréquent; il s'est présenté dans les quatre cinquièmes des cas : cet As. est en totalité ou en partie indiqué par l'ophtalmomètre; la fraction qui échappe quelquefois à cet examen est facilement constatable à la skiascopie et souvent corrigée par des contractions astigmatiques du cristallin, notamment chez les jeunes sujets. Elle peut atteindre et même dépasser 2 D.; 3° l'As. contre la règle, cristallinien, est plus rare que les précédents et ne s'est présenté que dans un cinquième des cas; souvent il n'est accompagné d'aucun As. cornéen décelable par l'ophtalmomètre. L'As. contre la règle est facilement reconnu et évalué à 0,25 près par la skiascopie. Le malade accepte généralement la correction skiascopique; son acuité est fréquemment doublée par un cylindre faible, 0,75 par ex. L'As. contre la règle atteint rarement 2 D.; 4° *la correction utilement applicable à l'As. est généralement comprise entre les indications ophtalmométriques et les indications skiascopiques; l'examen subjectif se rapprochera le plus souvent de la mesure ophtalmométrique en cas d'As. selon la règle, de la mesure skiascopique en cas d'As. contre la règle.*

Qu'il me soit permis de bien insister sur une vérité trop méconnue : il n'est en général de bon examen que l'examen objectif. Tout examen subjectif est dépourvu de contrôle de la part de l'observateur et neuf fois sur dix le patient se trompe ou nous trompe; nous prenons souvent dans sa bouche la vérité pour l'erreur et l'erreur pour la vérité. Astigmate moi-même, j'ai fait souvent l'expérience de soumettre mes yeux à l'examen des plus habiles parmi nos confrères. S'oubliant et me prenant pour un patient non doublé d'un praticien, ils me morigénaient, m'accusaient de faire des réponses inexactes parce que je n'abondais pas dans leur sens; et je me disais que si j'étais un vulgaire malade on arriverait à me faire accepter une assez piteuse correction. Aussi tous mes efforts ont-ils tendu vers la détermination objective de l'As. et à restreindre l'examen subjectif à une épreuve finale où le patient a à choisir entre 2 ou 3 cylindres différant l'un de l'autre de 0.25 à 0,50 D. En procédant ainsi, on met peut-être un peu plus de temps, mais on arrive avec sûreté *à une détermination exacte*

et complète de l'As. manifeste et de l'As. total. En procédant subjectivement, au contraire, on fait toujours un examen *contingent*, dont l'exactitude est fonction de l'intelligence et de l'attention du malade, dont le résultat ne saurait satisfaire un esprit rigoureux.

Appendice. — Pour les précautions à employer dans l'examen skiascopique, je renvoie le lecteur à ce que j'ai déjà publié sur le sujet (Skiascopie, ses avantages, sa place en ophtalmologie, *Archives d'ophtalmologie*, 1886, p. 146). Il y trouvera les règles générales qui doivent présider à l'examen skiascopique, règles qui ont reçu depuis lors la sanction de l'expérience et du contrôle ; tout récemment le professeur Schweigger leur donnait son approbation dans un article du *Centralblatt*. Toutefois, pour faire des déterminations d'une grande précision et pouvant atteindre et même dépasser 0.25 D., il faut prendre quelques précautions supplémentaires ; je dois terminer en les indiquant.

L'observateur, s'il est amétrope, doit corriger sa réfraction afin de voir avec netteté le bord de la pupille pendant l'examen. Puis, se plaçant à 80 centimètres du sujet, il détermine et corrige rapidement la réfraction de l'un des méridiens par le verre sphérique convenable (procédé de Parent). A ce moment, il convient de faire exécuter au miroir des déplacements alternatifs dans les deux méridiens principaux de l'œil observé : si la correction sphérique est exactement faite pour un des méridiens, on perçoit une légère différence d'intensité lumineuse dans l'ombre des deux méridiens quand ces méridiens diffèrent de 0,25 D ; il m'est arrivé de pouvoir affirmer d'avance que l'As. était compris entre 0,25 et 0,50, ces deux verres étant l'un légèrement trop fort, l'autre légèrement trop faible et l'examen subjectif confirmait ma détermination, le malade hésitant entre les deux verres et ne pouvant être satisfait que par un troisième verre qui n'existe pas dans nos boîtes.

On pourrait croire que l'on a intérêt à examiner au delà de 80 centimètres le jeu des ombres dans le cas d'As. Il n'en est rien. C'est *la différence d'intensité lumineuse entre les deux ombres et non la différence de marche de ces ombres* qu'il faut rechercher, le deuxième procédé n'aboutissant qu'à une grossière approximation si on le compare au premier.

Quand la différence d'intensité lumineuse entre les deux méridiens principaux a été nettement constatée, l'observateur porte son attention sur l'inclinaison de l'ombre par rapport aux deux méridiens principaux. Après l'avoir évaluée approximativement, il place un cylindre concave faible dont l'axe correspond au déplacement de l'ombre dans le méridien le plus réfringent, et par tâtonnement il cherche l'égalité des ombres dans les deux méridiens, soit en changeant le cylindre, soit en modifiant son inclinaison.

On arrive ainsi à une détermination rigoureuse dans tous les cas où l'As. est régulier et l'œil non fortement décentré. Dans les cas d'irrégularité ou de décentration, on constate l'impossibilité de la correction skiascopique et l'on aboutit dans l'examen subjectif à une acuité inférieure à la normale.

Malgré sa simplicité et sa facilité, la skiascopie, comme tout examen, permet à celui qui la pratique depuis longtemps et cherche à s'y perfectionner, d'atteindre une certaine virtuosité qui donne une extrême précision au diagnostic de la réfraction. Cette précision, *égale au procédé de l'image droite pour la réfraction sphérique, la dépasse de beaucoup pour la réfraction astigmatique.*

XLIII

RECHERCHES

SUR L'ANATOMIE ET LA PHYSIOLOGIE DE L'APPAREIL ACCOMMODATEUR

par le Dr E. Hocquard,

médecin-major de 1re classe.

Ce travail n'est que le premier chapitre d'un mémoire inédit sur l'appareil accommodateur à l'état normal et pathologique auquel l'Académie de médecine de Paris a bien voulu décerner le prix Meynot en 1889. M. Javal m'a demandé de le publier à cette place et j'ai accepté avec d'autant plus d'empressement et de plaisir que ce sont ses propres travaux et ceux de ses émules en optique physiologique qui m'en ont donné la première idée.

Les recherches ophtalmométriques minutieuses faites sur le vivant, auxquelles la précision des instruments actuellement en usage donne un très grand caractère de certitude, ont démontré que dans certaines conditions le cristallin accommode partiellement; or les détails que nous possédons sur l'anatomie de l'appareil accommodateur vont tout à fait à l'encontre de ce phénomène. J'ai pensé que de nouvelles recherches étaient nécessaires pour mettre d'accord l'anatomie avec les données

expérimentales. Le lecteur verra dans quelle mesure j'ai réussi.

De toutes les théories sur l'accommodation, une seule est restée à peu près debout, c'est celle de Helmholtz. La voici, telle que l'a résumée son auteur :

1° La contraction du muscle ciliaire fait avancer la zone de Zinn et diminue ainsi la traction que celle-ci exerce sur le cristallin. Ce dernier, abandonné à lui-même, prend la forme naturelle qui lui est assignée par l'élasticité de ses fibres et devient plus convexe, surtout au niveau de sa surface antérieure.

2° Lorsque l'innervation cesse, le muscle ciliaire est relâché ; les procès se retirent et tendent la zonule, qui, à son tour, aplatit le cristallin en exerçant sur lui une traction dans la direction de son équateur.

Cette théorie fut formulée pour la première fois en 1867, à l'état de supposition seulement, par Helmholtz dans son *Optique physiologique*. Contrairement aux autres systèmes proposés, elle reposait sur des expériences anatomo-physiologiques indiscutables. Helmholtz avait en effet prouvé d'une façon irréfutable :

1° Que le cristallin, séparé de toutes ses attaches et extrait de l'œil avec sa capsule, offre son maximum de courbure et de puissance réfractive ;

2° Que, dans l'œil vivant, la lentille, fortement aplatie pendant l'état de repos de l'organe, bombe au contraire pendant l'effort accommodateur, cette augmentation de courbure se faisant surtout aux dépens de sa surface antérieure.

La théorie que Helmholtz avait indiquée comme probable répondait si bien à ce que l'on connaissait du mécanisme de l'accommodation, qu'immédiatement après sa publication, les physiologistes cherchèrent à l'appuyer sur de nouvelles preuves qui devaient changer cette probabilité en certitude.

Moins d'un an après la publication de Helmholtz, Hensen et Vœlkers (1) faisaient connaître les recherches qu'ils avaient

(1) Experimentaluntersuchung über den Mechanismus der Accommodation (Kiel, 1868). Ce mémoire fut complété plus tard par un travail paru in *Archiv für Ophtalmologie* (XIX, I, 1873).

entreprises dans cette voie. Opérant sur des yeux de singes, de chats, de chiens, observés en place et sur l'animal vivant, et même sur un œil d'homme fraîchement énucléé, ils firent, en excitant les nerfs ciliaires par un courant électrique, les constatations que voici pendant le passage de ce courant :

1° La pupille se resserre énergiquement; le bord pupillaire de l'iris bombe, tandis que sa partie périphérique se rétracte.

2° Par une fenêtre taillée dans la sclérotique, en arrière du limbe scléro-cornéal, on voit le muscle ciliaire se contracter et attirer la choroïde vers le bord cornéen. Des épingles introduites perpendiculairement dans la membrane uvéale sur différents points de son parcours, indiquent par le mouvement de bascule de leur extrémité libre que cette membrane est attirée en avant dans son ensemble.

3° En n'excitant qu'un seul nerf ciliaire, la contraction de l'iris et du muscle accommodateur, ainsi que le déplacement en avant de la choroïde ne s'opèrent que sur une bande isolée coïncidant avec le trajet de ce nerf : la pupille affecte alors la forme d'une poire dont la pointe est dirigée du côté de la branche nerveuse excitée.

4° En enfonçant des aiguilles en arrière de l'iris suivant des plans tangents à la face postérieure ou à la face antérieure du cristallin, de façon à ce que le bord des aiguilles appuie sur ces faces, on voit, en excitant les nerfs ciliaires, les têtes des aiguilles antérieures se déplacer en arrière et celles des aiguilles postérieures se porter en avant; donc les *deux* faces cristalliniennes s'éloignent pendant l'accommodation. Les mouvements des aiguilles montrent que, conformément aux recherches ophtalmométriques de Helmholtz, l'augmentation de la courbure de la lentille est plus prononcée sur la face antérieure que sur la face postérieure ; mais, disent les auteurs, cette augmentation de courbure est assez accentuée sur cette dernière face pour pouvoir être observée directement à travers une ouverture pratiquée dans la sclérotique.

J'ai cherché à reprendre les expériences de Hensen et Vœlkers en suivant la méthode qu'ils ont indiquée : j'ai opéré sur des yeux de chats et même sur deux yeux humains au

ciliaire, puisque cette membrane et la rétine sont unies sur toute leur surface de la façon la plus intime.

La rapidité de la transsudation des liquides intra-oculaires de l'œil énucléé explique aussi la différence entre l'opinion des auteurs précités et celle de Helmholtz, relativement aux modifications que subit la face postérieure du cristallin pendant l'acte accommodateur. Hensen avance en effet que cette face subit des changements notables et visibles à l'œil nu, tandis que Helmholtz démontre au contraire, à l'aide des images catoptriques fournies dans l'œil vivant par la cristalloïde postérieure, que cette cristalloïde ne se déplace pas, mais qu'elle subit simplement un très léger changement de courbure. Ici, c'est évidemment Helmholtz qui a raison. Si Hensen a observé un déplacement appréciable de la face cristallinienne postérieure, cela tient à ce fait que, dans les yeux examinés par lui, le corps vitré ramolli ne soutenait plus bien le cristallin, tandis qu'au contraire, sur l'œil vivant, il forme comme une sorte de coussinet hydraulique qui, non seulement maintient la lentille, mais aussi empêche sa face profonde de s'enfoncer en arrière.

L'étude des mouvements communiqués à la zonule et aux procès par le muscle accommodateur a été faite d'une tout autre façon par Coccius et par Otto Becker d'abord, et ensuite par Hjort de Christiania.

Ces auteurs ont observé la zonule en place dans l'œil vivant ; ils ont noté soigneusement les changements qui survenaient pendant l'accommodation dans la région annulaire qui s'étend entre le bord du cristallin et la tête des procès.

Coccius, le premier en date, a fait porter ses recherches sur des yeux qui avaient subi une iridectomie et dont l'accommodation était restée intacte. Il examinait l'œil à la loupe en l'éclairant avec un miroir ophtalmoscopique, ou bien encore il observait avec un ophtalmoscope binoculaire pour pouvoir se rendre compte plus facilement des modifications qui survenaient dans les différents plans.

Lorsque, pendant l'examen, il faisait passer l'œil qu'il observait de l'état de repos à l'état d'accommodation, en lui faisant fixer successivement un objet éloigné et un point rapproché, il constatait à chaque fois les phénomènes suivants :

1° Les procès avancent et se gonflent, mais ils restent tou-

ai attendu longtemps une occasion favo-
présentent les conditions requises pour
te sorte ne sont pas faciles à trouver. La
and on pratique une pupille artificielle,
ère n'a déjà plus son appareil accommo-
les opacités et les changements de forme
t une gêne considérable pour des obser-
s que celles que j'avais en vue; de plus,
s de ce genre, il faut un sujet qui soit
docilité parfaite, mais encore d'une intel-
'ai pu observer d'abord un jeune étudiant
I. le professeur Gayet avait pratiqué une
r une taie centrale de la cornée; la péri-
était restée absolument transparente en
rienne. Cette brèche était complète, c'est-
dait en dehors jusqu'aux attaches péri-
acuité visuelle était peu diminuée (S $\frac{2}{3}$),
nodation était semblable dans les deux
pour ce cas dans les mêmes conditions
e Coccius. Quelques mois après, M. le pro-
vait pris intérêt à ces expériences, me fit
de son service qui avait subi un arrache-
s à la suite d'un coup sur l'œil. L'obser-
a été publiée; elle est extrêmement inté-
ue malgré les changements survenus dans
nplitude d'accommodation et l'acuité qui
ué au début, tout de suite après le trau-
ien revenues un an après, au moment où
ue ce dernier ne présentait à ce point de
e entre son œil malade et son œil sain.
ns ces deux cas pour examiner la région
éclairage oblique et tantôt de l'éclairage
age oblique, j'employais soit la loupe de
scope monté sur pied que M. le professeur
re pour l'examen à un fort grossissement
es milieux oculaires antérieurs. Pour exa-
direct, j'employais soit le miroir ophtal-
en interposant entre ce miroir et l'œil une
je me servais comme d'une loupe, soit

l'ophtalmoscope binoculaire de Giraud-Teulon. Pour le cas particulier, c'est l'examen à l'éclairage oblique qui donne les meilleurs résultats ; on distingue bien mieux les cordelettes de la zonule et les bords du cristallin qu'avec l'éclairage direct.

A l'aide de ces différents procédés et après avoir appris à mes deux sujets à fixer, sans changer trop la direction de leur œil, alternativement un point éloigné et un objet rapproché, j'arrivai assez facilement à constater comme les auteurs que je

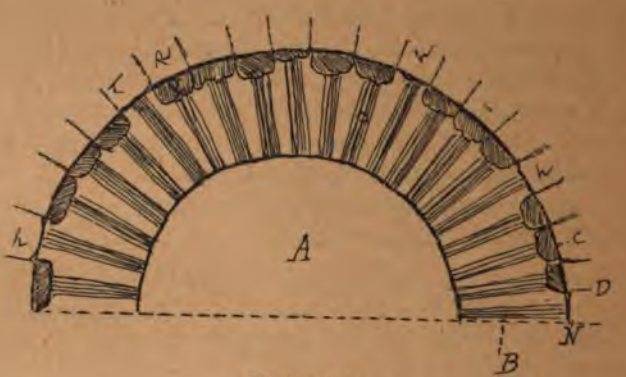


Figure 111.

Schéma destiné à montrer l'aspect de la zonule sur un œil vivant atteint d'aniridie examiné à la loupe de Brucke.

A. Cristallin. — *B*. Bande sombre correspondant au sommet de chaque procès. — *P*. Tête apparente d'un procès. — *R*. Son prolongement en arrière sous la sclérotique. — *N*. Ligne de jonction de la sclérotique avec la cornée, à partir de laquelle les procès ne sont plus visibles. — *h*, *h*, *h*. Procès dont la tête n'arrive qu'à affleurer la zone apparente.

viens de citer l'augmentation de l'épaisseur du bord cristallinien et la contraction de la pupille de l'œil iridectomisé pendant l'acte accommodateur, les bandelettes alternativement claires et obscures de la zonule de Zinn et même les têtes des procès. A ce propos, je fis la remarque suivante qui a son importance : parmi les têtes des procès qui, sur l'œil atteint d'aniridie traumatique, formaient comme une couronne frangée doublant le bord interne du limbe sclérotical, il y a un certain nombre de procès plus courts, dont la tête ne dépasse pas ce limbe et qu'on ne peut apercevoir qu'en dirigeant l'œil

observé fortement en dedans et en l'éclairant très obliquement (*h.* fig. 111).

Au milieu de ces franges pigmentées plus courtes, la zonule forme des plis rentrants comme au niveau des procès longs : c'est ce qui a fait dire à Coccius, qui n'a pas remarqué ces procès courts, que les bandelettes zonulaires étaient plus nombreuses que les procès et qu'elles n'offraient avec ces derniers aucune concordance. En réalité, ainsi que je le démontrerai plus loin sur des préparations anatomiques, chaque dépression de la zonule qui sur le vivant apparaît comme une bandelette obscure, correspond à une frange ciliaire; seulement cette frange peut ne pas se trouver assez longue pour constituer un procès visible en avant du limbe sclérotical.

De tous les changements qui surviennent pendant l'acte accommodateur, ceux que je désirais le plus vérifier, c'étaient le gonflement des procès ciliaires signalé par Coccius et par Hjort et l'élargissement de l'espace zonulaire situé entre les procès et le cristallin, élargissement au sujet duquel ces deux auteurs sont encore en contestation.

Les observations de ce genre sont difficiles à faire quand on examine l'œil à un grossissement suffisant (et il faut au moins la loupe de Brücke pour un examen pareil). Quoi qu'on fasse, l'œil change toujours un peu de direction au moment où on modifie son point de fixation et le léger mouvement qu'il fait alors est très amplifié par l'appareil grossissant qu'on a placé devant lui. Dans ces conditions, l'examen comparatif de la zonule, pendant et après l'accommodation, n'est pas facile. J'ai tourné cette difficulté qui est réelle de la façon suivante.

Dans une première série d'expériences, j'ai instillé dans l'œil observé un collyre à l'atropine; puis, plaçant le sujet devant le microscope à éclairage oblique de Gayet, je l'ai examiné au moment où l'atropine commençait à produire son effet. En ce moment, lorsque je faisais fixer à mon sujet la petite boule de l'instrument que j'avais placée à la distance de son punctum proximum, je constatais que l'appareil accommodateur, déjà sous l'influence de l'atropine, ne se contractait que par saccades et ne pouvait soutenir que pendant quelques secondes l'effort nécessaire pour la vision rapprochée. L'appareil ciliaire se contractait et se relâchait donc successivement et à plu-

Dorte en avant ainsi que les proc

Procès sont toujours séparés p
quel sont tendues les bandelett
, contrairement à l'avis de Co
geur pendant l'effort d'accomm

s constituées par les sillons de l
ranges ciliaires, dont quelques
tes, pour apparaître en avant du
dant l'accommodation, les bandes
es en même temps que les procès

lrent bien avec la théorie de l'ac-
it formulée Helmholtz. Il me reste
re les dispositions anatomiques,
réaliser les changements, que je
es à l'appui. Ici le problème est
'abord, les anatomistes ne sont
; leurs descriptions sont même,
adiction formelle avec les expé-
iens de rendre compte; ils décri-
e ciliaire circulaire dont l'interpré-
ui le point de départ de bien des
parties importantes de l'appareil
elles les anatomistes n'ont fourni
suffisants et même contradictoires.
ne connait pas très bien le mode
veulent faire une membrane, tan-
écrivent comme un système de cor-

asser en revue et de vérifier, par de
les travaux anatomiques de mes
ns de le faire pour les expériences
contenterai pour éviter les longueurs
nnus auxquels mes dissections de
é de nouveau; mais j'insisterai sur
ue je traiterai avec tous les détails
en relief les particularités nouvelles

que j'ai pu découvrir. Les travaux que je résume dans les chapitres suivants m'ont coûté plus de deux années, pendant lesquelles j'ai étudié non seulement l'appareil accommodateur de l'homme, mais aussi celui de tous les vertébrés dont j'ai pu me procurer des échantillons.

L'appareil accommodateur comprend : 1° le cristallin et la zonule de Zinnn; 2° le muscle ciliaire et les procès.

Comme le cristallin appuie d'une part sur la face antérieure du corps vitré, et d'autre part contre l'ouverture pupillaire de l'iris, dont le diaphragme contractile joue un rôle dans l'accommodation, j'aurai à m'occuper de ces deux organes. J'aurai également à parler des rapports du corps ciliaire avec la choroïde antérieure et avec la face interne de la sclérotique, ainsi que du point d'insertion du tendon du muscle accommodateur sur le limbe scléro-cornéen.

Cristallin.

Au point de vue qui nous occupe, nous avons intérêt à savoir quelles sont les courbures, la forme et les dimensions du cristallin normal en place dans l'œil humain. Si nous consultons les travaux parus sur la matière, nous y lisons que le cristallin de l'homme a la forme d'une lentille biconvexe, dont l'épaisseur mesure de $4^{mm},2$ à $4^{mm},314$ (Helmholtz), soit environ 4 millimètres (Schwalbe); son diamètre équatorial est de 8 à 9 millimètres (Helmholtz et Cruveilher) ou de 9 à 10 millimètres (Schwalbe).

La courbure de la face antérieure est moins prononcée que celle de la face postérieure et, à cause de cette différence, le plan équatorial de la lentille est plus rapproché du pôle antérieur que du postérieur (voyez fig. 112 *b b*). Brücke dit, en outre, que la courbe de la face antérieure rappelle celle que donnerait une ellipse tournant autour de son petit diamètre, et que la courbe de la face postérieure se rapproche de celle d'une parabole. Le rayon de courbure de la première face serait de $8^{mm},3$ d'après Knapp, de 10 millimètres d'après Helmholtz, pendant la vision de loin, et celui de la seconde de 6 millimètres seulement.

J'ai cité tous ces chiffres pour montrer que les mesures don-

nées par les auteurs les plus dignes de foi concordent avec celles qu'on peut prendre directement sur la coupe hémisphérique représentée dans la figure 113. Cette photographie a été prise exactement à trois diamètres sur une moitié d'œil humain durci dans le liquide de Müller. L'œil dont il est question appartenait à un homme de vingt-cinq ans qui, quatorze jours avant

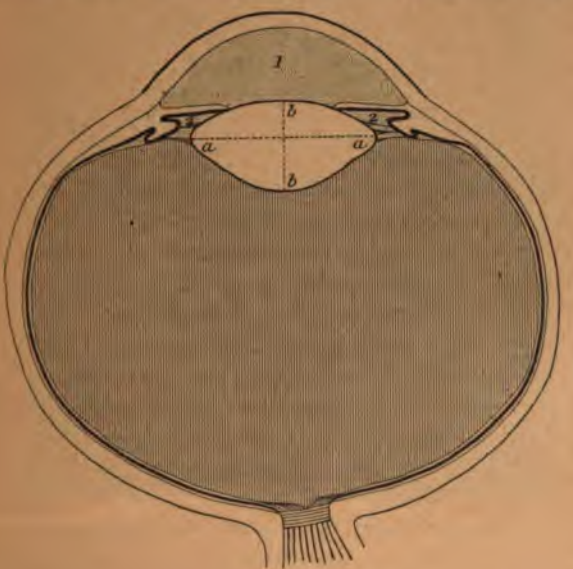


Fig. 112.

Appareil accommodateur, limites du corps vitré et des chambres de l'humeur aqueuse. Gr. $\frac{4}{1}$ D.

l'énucléation, avait reçu dans la région ciliaire un éclat de lime de la grosseur d'une tête d'épingle. Le corps étranger avait pénétré profondément, mais sans intéresser le cristallin; il détermina une iridocyclite avec altération du corps vitré, exsudation dans la chambre postérieure autour de la lentille. L'œil fut enlevé avant que le processus ait eu le temps de déterminer les troubles de nutrition du cristallin qui arrivent fatalement dans ces cas. L'œil énucléé fut immédiatement placé dans le liquide de Müller. Les exsudats très riches en

albumine formèrent très rapidement, par l'action du liquide durcissant, un coagulum demi-solide qui encastra le cristallin en le fixant dans sa forme et qui le maintint si bien pendant la coupe qu'il put être sectionné net par le rasoir sans qu'aucune de ses parties fut altérée. L'iris a été seulement refoulé légèrement en avant, de sorte que la pupille, qui devrait être appliquée contre la cristalloïde antérieure, s'en trouve séparée par un petit espace. Mais ce léger déplacement de l'iris nous importe peu dans le cas particulier. Ce que nous avons en vue, c'est la forme du cristallin, et cette forme n'est pas altérée. Ainsi qu'on peut s'en assurer par des mensurations prises directement au compas sur la photographie, en tenant compte du grossissement bien entendu, les dimensions du cristallin sur cette planche sont absolument identiques dans les diamètres, les rayons de courbure, etc., à celles qu'Helmholtz et Knapp ont données à la suite des observations auxquelles ils se sont livrés sur l'œil vivant. De même la lentille n'a pas été sensiblement déplacée pendant la coupe, puisque son pôle antérieur se trouve à la distance du sommet de la cornée indiquée par Monoyer (environ 3.60×3), et que son pôle postérieur se confond bien avec le centre de courbure de la membrane cornéenne, comme l'indique également ce dernier auteur (article *Cristallin* du *Dictionnaire de médecine et de chirurgie*). Nous pouvons donc nous servir en toute confiance de la figure 113 pour étudier la forme du cristallin humain et ses rapports avec les organes environnants, à l'exception de l'iris. On peut voir sur cette figure que dans la partie qui avoisine l'équateur, les courbes des deux faces du cristallin se redressent de telle façon que la lentille semble s'étirer pour ainsi dire au niveau de ses attaches zonulaires.

Le cristallin est disposé dans l'œil entre l'iris en avant, le corps ciliaire en dehors, la face antérieure du corps vitré en arrière, de telle sorte que son centre se trouve à peu près sur l'axe optique de l'œil et que le plan mené par son équateur a une direction perpendiculaire à cet axe. Normalement, il appuie sur le corps vitré dont la face antérieure est creusée d'une petite cupule (fossette hyaloïdienne) qui l'encastre jusqu'auprès de son équateur. La cristalloïde postérieure tient assez

solidement à cette fossette. Si, après avoir sectionné l'iris et la zonule, on cherche à extraire le cristallin, il peut arriver que le corps vitré le suive. Il n'existe cependant, à proprement parler, aucun lien qui rattache la face profonde de la lentille

Fig. 113.

Œil atteint d'iridocyclite traumatique et énucléé 14 jours après l'accident. Le cristallin, intact comme dimension et comme structure, a gardé sur la coupe sa forme et ses rapports normaux. Gr. = 3 D.

A. Cornée. — *O*. Chambre antérieure. — L'iris *I* s'est légèrement déplacé en avant pendant la coupe. Il est séparé du cristallin *C* par un exsudat floconneux qui remplit la chambre postérieure et se montre également contre la face profonde du corps ciliaire *E*. Le corps vitré *V* s'est coagulé sous l'influence du liquide durcissant. Cette réaction prouve qu'il était altéré. Le rasoir a enlevé, pendant la coupe en *N*, *N*, de petits fragments du coagulum. — *B* Sclérotique. — *U* Rétine. — *S*. Choroïde.

à l'humeur vitrée correspondante. La face extérieure de la cristalloïde postérieure se montre constamment lisse et si, sur certains yeux, on trouve quelquefois au fond de la fossette hyaloïdienne d'où l'on vient d'extraire la lentille avec sa capsule, quelques tractus transparents et friables, ces tractus, pour moi, ne constituent pas de véritables adhérences, mais

plutôt les derniers vestiges du système des vaisseaux capsulaires qui, chez l'embryon, forment les terminaisons ultimes de l'artère hyaloïdienne. Dans ma pensée, la force qui retient le cristallin dans sa fossette, lorsque les attaches zonulaires ont été rompues, est la même que celle qui maintient réunies deux surfaces lisses et humides qui s'appliquent exactement l'une sur l'autre.

Le cristallin, solidement emboîté en arrière comme un diamant dans sa monture, n'est presque pas soutenu en avant. L'iris n'appuie en effet contre la cristalloïde antérieure que par la portion renflée qui avoisine immédiatement la pupille et qui correspond à son muscle sphincter, et encore, quand la pupille est dilatée par l'atropine, la face antérieure du cristallin est absolument libre dans l'humeur aqueuse. Le pôle antérieur de la lentille pénètre légèrement dans l'ouverture de la pupille; mais, comme la cristalloïde antérieure se recourbe en arrière et quitte la face profonde de l'iris, il existe derrière ce diaphragme, entre lui et l'équateur du cristallin, un espace annulaire qui représente la chambre postérieure des anciens auteurs (fig. 112). Sur une coupe équatoriale, cette chambre présente de chaque côté du cristallin une surface de section limitée en avant par la face profonde de l'iris, en dedans par la cristalloïde antérieure, en arrière par l'humeur vitrée, la zonule et les procès.

Les expériences physiologiques que j'ai citées dans la première partie de ce mémoire démontrent que le cristallin abandonné à lui-même bombe au maximum; que, en place dans l'œil vivant, il est au contraire aplati. Voyons si l'anatomie nous permet de fournir l'explication de ces faits.

Voici un cristallin frais et transparent de bœuf que je viens d'extraire d'un œil encore chaud; je le place sur une table et je constate qu'il est extrêmement bombé. Si j'appuie sur sa face antérieure au niveau du pôle un corps mousse, le doigt par exemple, ce cristallin s'aplatit : mais si je cesse la pression, il reprend sa forme bombée. Le cristallin est donc élastique. Qu'est-ce qui lui donne cette propriété? Est-ce sa capsule, ou ses fibres, ou toutes les deux à la fois? Pour le savoir, je pratique avec un scalpel une fente dans la capsule antérieure; immédiatement, les bords de cette fente se recroquevillent en dehors. Avec la pointe de mon instrument, je cherche à réap-

pliquer les lambeaux sur les fibres sous-jacentes. Impossible d'y parvenir : aussitôt que je les abandonne à eux-mêmes, les lambeaux de la capsule s'enroulent de nouveau et toujours en dehors. L'élasticité de la capsule est démontrée. Et maintenant cette capsule est-elle simplement élastique à la façon d'une mince lame de corne par exemple, ou bien est-elle en même temps extensible comme le serait un sac en caoutchouc? Pour le savoir, détachons une bande capsulaire aussi longue que possible sur un cristallin de bœuf : saisissons les deux extrémités de cette bande entre deux pinces à verrous; mesurons la longueur du fragment dans l'intervalle des deux pinces;

Fig. 114.

puis soulevons une de ces deux pinces de façon à ce que l'autre pende librement au bout du morceau de capsule. Portons le tout en regard d'un double décimètre tenu verticalement et mesurons de nouveau la longueur du fragment capsulaire ainsi tendu. Nous constatons que le morceau de capsule ne s'est pas allongé dans la deuxième expérience, d'où nous concluons que la capsule est une membrane élastique mais inextensible.

Pour étudier les propriétés du tissu cristallinien, faisons au scalpel une fente dans un cristallin de bœuf dépouillé de sa capsule, au niveau du pôle antérieur; puis avec une petite spatule mousse, détachons un secteur des couches cristalliniennes externes, de façon à avoir toute la longueur des fibres. Nous obtiendrons un fragment, dont la forme rappellera la figure 114, dans laquelle *a b* représente la portion des fibres qui

répond à la face antérieure de la lentille; *b c*, celle qui correspond à sa face postérieure, et *b*, l'angle correspondant à l'angle cristallinien. Plaçons ce fragment sur une lame de verre (V V), dans la position indiquée sur la figure 114 *bis*. Appuyons sur le point *a* avec le manche d'une aiguille à discision; le côté *a b* se rapprochera de la lame du verre; l'angle *b* deviendra plus aigu; cessons la pression, et *a b* reprendra sa position première en se redressant, comme le ferait une baguette d'osier quand on cesse de la courber. Donc, les fibres cristalliniennes sont, elles aussi, élastiques. Il est facile maintenant, en nous reportant à ce que nous savons de la

Fig. 114 *bis*.

disposition des fibres cristalliniennes, dans les différentes couches de la lentille, de nous représenter le mécanisme suivant lequel s'opèrent les différents changements de courbure du cristallin en place dans l'œil humain.

La substance cristallinienne est formée par plusieurs couches de fibres, qui s'emboîtent les unes dans les autres comme les écailles d'un bulbe d'oignon. La disposition des éléments constituants est identique pour chacune de ces couches; il suffit d'en décrire une pour faire connaître immédiatement toutes les autres.

Je ne veux pas allonger outre mesure ce travail en décrivant les fibres cristalliniennes et leur agencement dans chaque couche; aujourd'hui tous les auteurs sont d'accord sur ce point d'anatomie, et mes propres recherches n'ont fait que confirmer celles de mes devanciers. Je veux seulement indi-

quer comment je comprends le rôle des fibres du cristallin dans les changements de courbure qui surviennent dans cet organe.

D'après ce que j'ai dit plus haut, nous pouvons nous représenter la capsule du cristallin comme un sac élastique de même forme que la lentille cristallinienne, à l'état d'accommodation extrême ; nous pouvons également nous représenter les fibres de la première couche du cristallin comme autant de petites lames élastiques, ayant toutes la même longueur. Prenons un certain nombre de ces lames flexibles, courbons-les en rapprochant leurs deux extrémités, et introduisons-les dans le sac élastique qui représente la cristalloïde en les plaçant côte à côte, et de telle façon que leurs bords longs se touchent, et que leurs faces s'appliquent et se moulent exactement sur la face interne du sac cristalloïdien. Disposons-les de manière que leur extrémité antérieure (*a*) corresponde au pôle antérieur et leur extrémité postérieure (*a'*) au pôle postérieur du sac, tandis que la partie la plus saillante de la courbe que nous leur faisons décrire, en les ployant ainsi, répondra à l'équateur (fig. 115). Nous aurons de cette façon la représentation de la première couche des fibres du cristallin, et nous n'aurons qu'à supposer un grand nombre de couches semblables (*bb'* ; *cc'* ; etc.), emboîtées les unes dans les autres pour nous faire une idée suffisante de l'agencement des fibres du cristallin tout entier.

Comment se comportera un pareil système abandonné à lui-même, sans aucun lien ni aucune entrave? Chacune des petites baguettes ployées tendra, en vertu de son élasticité propre, à se redresser et l'orientation des baguettes est telle que l'ensemble de l'appareil se rapprochera par ce fait de la forme sphérique. Dans ces conditions, les deux faces de la lentille augmenteront en courbure ; c'est ce qui arrive en effet pour le cristallin extrait de l'œil ; mais sur la lentille en place, les choses ne se passent pas ainsi. Le cristallin repose en arrière sur une sorte de coussinet (*v*) constitué par le corps vitré, et il y est maintenu appliqué par des cordes élastiques (zonule de Zinn) qui, s'attachant à la lentille au niveau de son équateur, se tendent fortement en arrière sur le bourrelet du corps vitré pour venir s'insérer à l'ora serrata. Ces cordes de la zonule peuvent être

assimilés à des lacs AA′ (fig. 115) qui exerceraient une forte traction sur l'équateur cristallinien dans le sens de la flèche C. Cette traction aurait pour effet d'augmenter la courbure des arcs *aa′*, *bb′*, *cc′*, qui représentent les fibres cristalliniennes, et par conséquent d'aplatir le cristallin. Si, par un mécanisme quelconque, nous relâchons les cordages de la zonule en rapprochant le point A′ du point A, tout en maintenant la lentille appliquée contre son coussinet vitréen (et c'est ce qui se produit en réalité par suite de l'effort accommodateur, comme je le prouverai plus loin) les couches des fibres *aa*, *bb*, *cc*, etc., se redresseront d'elles-mêmes ; mais ce redressement des fibres

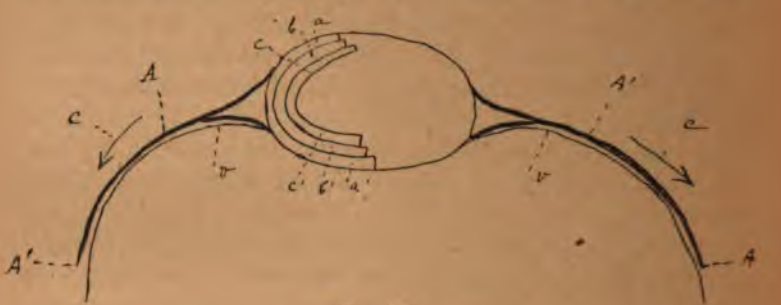


Fig. 115.

Schéma représentant l'action des différentes forces agissant sur le cristallin en place dans l'œil.

se fera surtout aux dépens de la face antérieure, l'expansion vers la face postérieure étant gênée par le coussinet du vitré. Les données anatomiques nous permettent donc d'arriver aux mêmes conclusions que les expériences physiologiques dont j'ai parlé au début de mon travail, à savoir que :

1° Le cristallin abandonné à lui-même offre son maximum de courbure ;

2° En place dans l'œil vivant, il se montre aplati.

Elles démontrent en outre que si l'augmentation de courbure de la lentille se fait surtout aux dépens de sa face antérieure dans l'accommodation, c'est parce que la face postérieure est gênée dans son expansion par le coussinet vitréen. Enfin elles font pressentir que l'aplatissement du cristallin dans l œil à l'état de repos est le résultat de la traction permanente exercée

par la zonule de Zinn sur l'équateur de la lentille. Il me reste maintenant à changer cette dernière probabilité en certitude en prouvant que l'appareil suspenseur du cristallin, autrement dit la zonule de Zinn, est dans toutes ses parties agencé dans ce but.

Zonule.

En examinant la coupe d'une moitié d'œil humain sectionnée suivant un plan méridien (fig. 112 et 118), nous voyons que la zonule peut être divisée en deux parties par rapport à son trajet : 1° une partie antéro-externe qui va du bord du cristallin à la tête des procès ; 2° une partie postérieure qui s'étend sur toute la face interne du corps ciliaire jusqu'au point d'origine de la zonule à l'ora serrata. Nous pouvons examiner à plat et en place toute la partie antérieure en faisant la préparation suivante :

Prenons un œil humain durci dans le liquide de Müller; plaçons-le dans une petite cupule remplie d'eau, la cornée dirigée vers l'observateur; détachons cette cornée à l'aide d'une incision circulaire pratiquée en suivant sa ligne de jonction avec la sclérotique; décollons complètement l'iris en le saisissant avec une pince et en le tirant en avant; nous mettrons ainsi à nu les têtes des procès ciliaires. Le cristallin et son appareil suspenseur nous apparaîtront alors par toute leur face antérieure. Recouvrons-les complètement d'eau pour nous débarrasser des rayons trop obliques; portons la petite cupule qui le contient sur la platine d'un microscope; éclairons-la obliquement avec une lentille convexe et examinons avec l'objectif n° 00 de Vérick par exemple. L'image que nous aurons sous les yeux sera absolument identique à celle qu'on peut observer sur l'œil vivant atteint d'aniridie (voyez fig. 117).

Au centre, nous apercevons une surface lisse et convexe (face antérieure du cristallin) qui apparaît fortement colorée en jaune par le liquide de Müller. Cette surface est limitée par un cercle très net et très régulier, l'équateur cristallinien. Tout autour, nous observons comme une collerette noire formée par de petits prolongements gaufrés qui tous semblent orientés vers le pôle antérieur de la lentille: ce sont les procès ciliaires. Ils forment autour du cristallin comme une couronne rayon-

nante, mais ils sont séparés de son bord équatorial par un espace annulaire. Cet espace est traversé par une foule de

Fig. 116.

Contours d'un cristallin normal; calque pris sur la photographie à 3 diamètres d'un œil humain énucléé pour un épithélioma de la cornée. L'œil sectionné en deux moitiés par une coupe méridienne a montré un cristallin intact et en place.

petits cordages d'apparence vitreuse, jetés comme des ponts entre la tête des procès et le cristallin. L'ensemble de ces

Fig. 117.

Cristallin, zonule, couronne des procès ciliaires, dessinés à plat et à la loupe de Brücke, sur un œil humain normal placé sous l'eau, et examiné sur sa face antérieure, après que l'iris et la cornée ont été entièrement enlevés. Éclairage oblique.

cordes qui toutes semblent vouloir se diriger vers le centre de la lentille, forme autour d'elle comme une sorte d'auréole. En faisant varier la mise au point, nous constaterons : 1° que les cordes occupent plusieurs plans; 2° que les unes disparaissent derrière la face profonde de la lentille, tandis qu'un petit nombre d'autres vont se fixer juste à son équateur et que d'autres encore plus antérieures et formant un plan bien distinct, passent sur la face antérieure de la lentille, et après avoir suivi cette face sur un trajet très court, finissent par se confondre avec elle.

Les cordelettes du groupe antérieur étant plus à portée de notre œil, nous pouvons faire sur elles d'autres remarques intéressantes : elles paraissent toutes sortir de dessous les procès dont la tête, comme turgescente, les déprime à la façon d'un doigt appuyant sur un plan de cordages. Le plan passant par la face antérieure des procès est manifestement situé en avant du plan mené par l'équateur cristallinien, car le microscope étant au point pour la tête des procès, il faut faire varier la vis micrométrique d'une quantité notable avant d'apercevoir la ligne nettement tracée qui forme la limite de l'équateur cristallinien; en maniant ainsi la vis micrométrique, on constate que chaque frange des procès a une grande épaisseur et que ces franges sont séparées les unes des autres par des sillons profonds où se montrent également des cordelettes de la zonule. Si à l'aide d'une aiguille à discision, nous exerçons une certaine traction sur ces cordelettes, en opérant sous le microscope afin de bien voir les effets de cette traction, nous constaterons qu'elles sont très résistantes et qu'il faut un certain effort pour les rompre; elles se cassent alors comme des morceaux de verre, sans se laisser distendre; si une fois qu'elle sont rompues, nous repoussons avec l'aiguille un des fragments encore adhérent à la lentille, nous verrons qu'il est doué d'une grande élasticité; quand on le recourbe, il se redresse rapidement comme un ressort qui se détend. On peut conclure de tous ces faits que la zonule a toutes les propriétés de la capsule cristallinienne et qu'elle est comme elle élastique et inextensible. J'ajouterai que dans toute la région qui s'étend de la tête des procès ciliaires au cristallin, les cordes de la zonule ont à peu près le même calibre et qu'elles ne pa-

raissent se relier les unes avec les autres par aucune anastomose.

Sur la préparation que je viens d'étudier, on constate simplement que les cordelettes de la zonule s'insèrent en avant sur le cristallin. Nous avons le plus grand intérêt à savoir

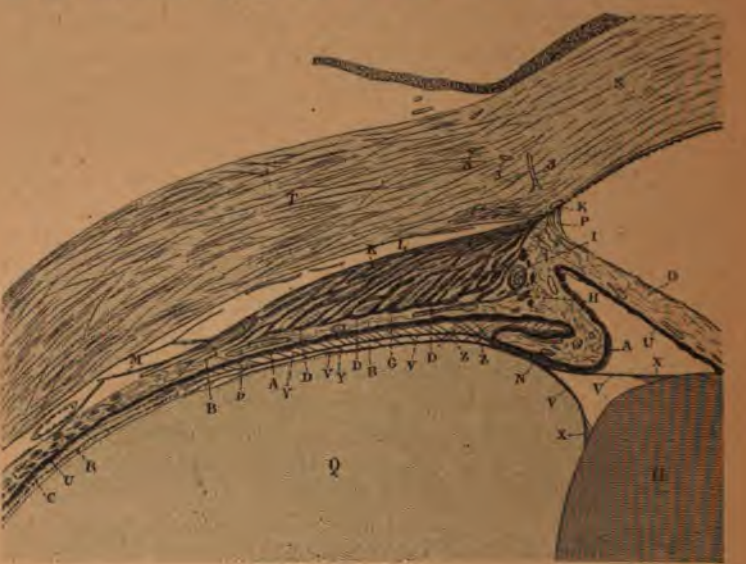


Fig. 118.

Région ciliaire.

A Cellules de la partie ciliaire de la rétine; B Lame fibro-vasculaire; C Choroïde; D Faisceaux de Max-Schultze; E Faisceaux radiés; G Faisceaux réticulaires; H Faisceaux de Muller; I Grand cercle artériel; K Canal de Schlemm; L Espace supra-choroïdien; M Lamina fusca; N Procès ciliaire; O Iris; P Ligament pectiné; Q Corps vitré; R Rétine; S Cornée; T Sclérotique; U Couche de l'Uvée; VV Zonule; X Pinceaux zonulaires; YY Fibrilles directes; ZZ Fibrilles récurrentes. — *v* Veines ciliaires. — Il Cristallin. — 3 Vaisseaux sclèro-cornéens.

comment cette insertion s'opère. Détachons le cristallin que nous venons d'examiner, en coupant les faisceaux de la zonule aussi près que possible des procès ciliaires, et pratiquons sur ce cristallin des coupes un peu épaisses faites suivant ses méridiens. En numérotant ces coupes et en les examinant successivement dans l'ordre suivant lequel elles ont été faites,

nous observons qu'au point de vue de leur insertion au cristallin, les cordes de la zonule sont de trois sortes; les unes s'attachent à la face antérieure du sac cristalloïdien (fig. 116, *a*), les autres à sa face postérieure (*c*) et les troisièmes à l'équateur (*b*). Ces dernières sont de beaucoup les moins nombreuses;

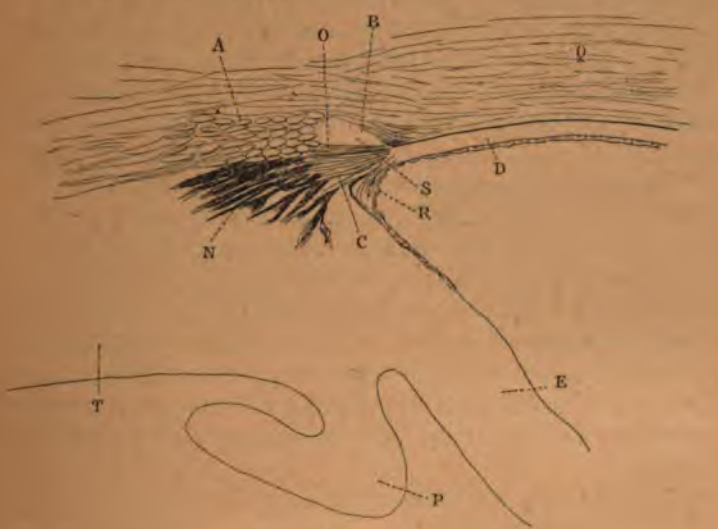


Fig. 119.

Angle de la chambre antérieure.

D Membrane de Descemet; A Anneau sclérotical interne; C Tendon du muscle ciliaire; Q Cornée; E Contours de l'iris; S Canal de Schlemm; T Contours du corps ciliaire; P Contours d'un procès. R Ligament pectiné.

elles ne se montrent pas comme les autres sur presque toutes les coupes, mais de distance en distance seulement, ce qui fait que beaucoup d'auteurs ne les ont pas vues et ne les ont pas décrites. Les cordes postérieures s'attachent plus près du bord que les antérieures; mais, sur les deux faces, les insertions de la zonule forment une couronne assez régulière concentrique à l'équateur cristallinien. Ces insertions se font suivant un mode particulièrement intéressant : chaque corde se divise avant d'arriver en contact avec la cristalloïde en un pinceau de fines fibrilles qui s'écartent immédiatement les

unes des autres pour aller se fixer isolément sur la face correspondante du cristallin qu'elles abordent suivant des angles plus ou moins aigus (voyez fig. 116 et 118). Les fibrilles d'un même pinceau n'ont pas toutes la même longueur; les plus grandes sont celles qui s'insèrent le plus loin du plan équatorial de la lentille; ce sont les cordages qui s'attachent juste à l'équateur du cristallin qui présentent les pinceaux d'insertion les plus gros et les plus fournis. Tous ces pinceaux se voient facilement sur des coupes faites comme je l'indique. Ce mode d'insertion si particulier répond à un but facile à comprendre: la zonule exerce sur le cristallin une traction continue et relativement puissante; si le point d'application de cette traction était très limité, il pourrait se produire en ce point soit des ruptures, soit des décollements. C'est cet inconvénient que la nature a eu pour but d'éviter en répartissant l'effort sur une large surface à l'aide des pinceaux d'insertion.

Est-il possible de suivre ces pinceaux dans l'épaisseur des cristalloïdes? J'ai essayé en vain d'y parvenir; arrivées contre l'enveloppe du cristallin, ces fibrilles se confondent si intimement avec cette enveloppe qu'il est impossible d'en poursuivre la trace.

Nous connaissons maintenant la première partie de la zonule; celle qui s'étend des procès ciliaires au cristallin: mais il nous reste à connaître la deuxième partie, celle qui va du point d'origine à l'ora serrata jusqu'aux procès. C'est cette dernière portion qui est la plus difficile à voir: la zonule, sur les coupes méridiennes d'un œil normal, apparaît comme tassée dans une espèce de fente étroite. Quand on essaie de dissocier ses divers éléments à l'aide d'injections poussées par la chambre antérieure, la masse injectée pénètre bien dans cette fente, ce qui, entre parenthèses, prouve bien qu'elle n'est qu'une dépendance de la chambre postérieure ; mais la dissociation des éléments zonulaires ne se fait pas très bien. Toutes ces parties si délicates se ramassent en de gros faisceaux dans lesquels il est difficile de démêler l'agencement des différents cordages. C'est certainement de toutes les recherches que j'ai entreprises pour ce travail, celles qui m'ont donné le plus de peine ; j'avoue même que je n'aurais pas réussi à voir clair dans ce problème si difficile, si le hasard n'était pas venu me

servir au moment où je m'y attendais le moins. En examinant des coupes microscopiques faites à travers la région ciliaire d'yeux énucléés pour glaucome chronique, je trouvai sur certaines pièces les faisceaux des parties postérieures de la zonule dissociés et écartés les uns des autres par une sorte d'hydropisie, comme les fibres du tissu conjonctif sous-cutané sont écartées et dissociées par une injection interstitielle suivant le procédé de la *boule d'œdème* de Ranvier. C'est sur ces pièces, en quelque sorte préparées par le processus morbide, que j'ai pu constater une partie des détails anatomiques que je vais relater (voyez fig. 118).

On sait que, à l'ora serrata, la choroïde n'a plus sa constitution anatomique si caractéristique. Elle perd la plus grande partie de ses vaisseaux, et se transforme en une lame fibreuse (B) qui s'écarte de la sclérotique pour faire place au muscle accommodateur, et qui forme avec ce dernier muscle le renflement connu sous le nom de corps ciliaire. En ce même point, la rétine (R) diminue brusquement d'épaisseur et n'est plus représentée que par une couche unique de cellules cylindriques claires (*pars ciliaris retinæ*) qui borde du côté interne le revêtement pigmenté de la choroïde et qui se continue en avant jusque sur la face antérieure des procès (A). Dans l'endroit où la rétine perd son apparence de membrane pour se transformer en revêtement cellulaire, le corps vitré, qui jusque-là était hermétiquement appliqué contre sa face interne, s'en sépare de façon à laisser entre la face externe de la hyaloïde et la face interne des cellules claires de la *pars ciliaris retinæ*, une fente en forme d'anneau dans laquelle se meut la zonule.

Ainsi que je viens de le dire il y a un instant, les injections poussées par la chambre antérieure remplissent cette fente et elle constitue en arrière du cristallin, à la face externe du corps vitré, un diverticulum de la chambre postérieure.

Au niveau de l'espèce d'encoignure formée par le brusque changement d'épaisseur de la rétine à l'ora serrata, on peut voir sur les coupes méridiennes une foule de fins tractus rigides, d'apparence comme vitreuse, qui prennent naissance sur la face externe du corps vitré, sur le bord antérieur de la membrane nerveuse et au niveau des cellules du revêtement

ciliaire qui avoisinent immédiatement ce bord. On remarque que ces fins tractus se dirigent tous vers les régions antérieures de l'œil, qu'à une petite distance de leur point d'origine, ils se réunissent par petits groupes de façon à former des tendinets plus forts, et que plus en avant encore, deux ou trois tendinets voisins finissent par se rencontrer à angles aigus et par se souder les uns aux autres, en constituant les véritables faisceaux zonulaires (*vv*). Ces faisceaux continuent à se porter en avant, en suivant un trajet tellement direct dans le sens des méridiens de l'œil que sur certaines coupes bien réussies, on peut observer un faisceau tout entier et le suivre depuis son origine jusqu'aux procès et même jusqu'au cristallin. On voit alors, si l'on a affaire à une cordelette zonulaire qui s'attache à la cristalloïde antérieure, cette cordelette se réfléchir sur la tête du procès, comme le ferait une corde sur la gorge d'une poulie. Quand la coupe comprend, au contraire, un faisceau qui va s'attacher à la cristalloïde postérieure, ce faisceau, toujours plus profond que l'autre, suit manifestement la face externe du corps vitré sur laquelle il se moule en quelque sorte et, après s'être réfléchi sur le procès correspondant, il va s'unir à la face profonde de la lentille en s'insinuant entre la fossette hyaloïdienne et la cristalloïde (X, fig. 118).

Dans tout son trajet entre son point d'origine et le procès, chaque cordelette de la zonule reçoit de très fines et très nombreuses fibrilles qui, partant du revêtement des cellules claires du corps ciliaire, viennent joindre la cordelette à angle aigu (YY, fig. 118). Elles s'y insèrent absolument comme les barbes d'une plume d'oie s'unissent au tuyau central et constituent ainsi autant de liens solides qui fixent chaque cordage au corps ciliaire sur toute son étendue, c'est-à-dire depuis l'ora serrata jusqu'aux procès. Sur tout ce trajet, ces *fibrilles d'attache* ont une direction remarquable par sa régularité. Elles se dirigent toutes d'arrière en avant et de dehors en dedans, de façon à gagner le faisceau zonulaire suivant un angle presque toujours le même, dont l'ouverture est dirigée en arrière. Je les désignerai sous le nom de *fibrilles d'attache directes* (YY) pour les distinguer des *fibrilles d'attache récurrentes* (ZZ) dont il me reste à parler. Ces dernières ont une

direction perpendiculaire aux fibrilles directes, c'est-à-dire qu'elles se dirigent de dehors en dedans et d'avant en arrière; elles se montrent presque exclusivement dans l'angle que forme la face postérieure des procès avec la direction générale du corps ciliaire et pour bien faire comprendre leur rôle et leur disposition, il faut que je donne tout de suite quelques détails sur la morphologie de ces appendices pigmentés.

Au moment où la choroïde se modifie dans sa structure et s'écarte de la sclérotique pour former la lame cellulaire qui double en dedans le muscle ciliaire, sa face interne commence à former des plis radiés, dirigés dans le sens des méridiens de l'œil, et qui d'abord peu accusés, s'accentuent davantage au fur et à mesure qu'ils se rapprochent des procès. Ce sont les *plicæ ciliares* des auteurs allemands. Dans la région des procès, ces dépressions se changent en gouttières profondes qui séparent les franges pigmentées, les unes des autres (*recessi* de Kühne).

Sur les dessins qui représentent des coupes méridiennes d'yeux humains normaux, on donne généralement aux procès la forme d'une massue dont la grosse extrémité serait tournée vers l'intérieur de l'œil. En réalité, quand ces coupes sont bien réussies, c'est-à-dire quand elles ont été faites exactement suivant l'axe d'un procès, on trouve qu'il peut être exactement comparé à un doigt recourbé en forme de crochet et dont la face unguéale s'appliquerait sur les fibres zonulaires comme un marteau de piano sur sa corde (N). La forme en massue, si souvent décrite et figurée par les auteurs, tient à ce fait que, lorsqu'on pratique des coupes dans la région ciliaire, neuf fois sur dix on sectionne les procès obliquement. Sur ces neuf coupes, les procès ont en effet la forme de massues, mais sur la dixième qui est la bonne parce qu'elle donne le prolongement dans son entier, la section ayant été faite suivant son axe, la disposition que j'indique saute aux yeux. Cette disposition est encore plus évidente chez certains animaux que chez l'homme. Le chat, par exemple, dont l'œil est si commode pour l'étude de la zonule à cause de la beauté et de la grosseur de ses cordelettes, a des procès extrêmement longs et grêles sur lesquels la conformation que je signale se voit d'une façon saisissante.

C'est de l'angle postérieur des procès, formé par l'incur-

vation en arrière de ces appendices, que partent presque toutes les fibrilles d'attache récurrentes dont j'ai parlé. Elles s'entrecroisent à ce niveau avec les fibrilles directes de façon à former une sorte de treillis à mailles losangiques qui relie solidement la zonule aux procès (voyez fig. 118). Quand sur un œil normal on cherche à arracher avec des pinces les tractus zonulaires appendus aux procès, on constate que ceux-ci se déchirent plutôt que la zonule ne se rompt et on entraîne toujours avec les cordelettes quelques gros débris pigmentés qui y restent solidement attachés. Nulle part, la zonule ne tient si bien aux parties sus-jacentes.

Il nous reste à savoir d'où proviennent réellement les fibrilles directes et récurrentes. Pour répondre à cette question, il nous faut pratiquer des coupes minces dans la région ciliaire d'yeux normaux bien conservés. Inutile de nous livrer à ces sortes de recherches si nous ne possédons pas des pièces qui ont été placées en très grand état de fraîcheur dans le liquide de Müller ou mieux dans l'acide osmique, car les cellules cylindriques de la *pars ciliaris* sont extrêmement délicates; elles se gonflent et s'altèrent avec la plus grande facilité. Sur une pièce durcie dans les meilleures conditions possibles, nous verrons en nous aidant d'un grossissement suffisant : 1° que chaque cellule de la *pars ciliaris retinæ* se termine du côté du vitré par une sorte de petit plateau ; 2° que ces plateaux sont tous situés à égale hauteur de façon à constituer comme une ligne continue ; 3° que jamais on ne voit une fibrille partir du milieu du plateau d'une cellule, mais qu'elles apparaissent toutes au niveau des lignes sombres formées par l'accolement des bords de deux cellules voisines, si bien qu'elles semblent sortir d'entre ces bords ; 4° que dans certains points où, par suite d'un accident de coupe, le revêtement de cellules claires s'est détaché, les fibrilles semblent arriver jusqu'au revêtement uvéen. J'aurais assez de tendance à croire (mais sans oser l'affirmer) que les saillies verruqueuses qu'Iwanoff a décrites sur la face interne de la lame vitreuse du corps ciliaire observée à plat, sont dues à l'empreinte des fibrilles de la zonule qui viendraient se fixer à cette lame. Une observation qui semblerait donner raison à cette manière de voir, c'est que dans les différents processus inflammatoires de la région ciliaire qui amènent toujours des altérations si pro-

fondes dans la couche de l'uvée et dans son revêtement de cellules claires, les cordelettes zonulaires restent presque toutes en place malgré le gonflement et la chute de la plupart de ces cellules.

Quoi qu'il en soit, il résulte de cette longue description ce fait que la zonule est très solidement reliée sur tout son parcours au corps ciliaire et aux procès. Nous avons ici, comme à l'équateur cristallinien, un exemple du souci que prend la nature de répartir sur une large surface les tractions exercées par le muscle accommodateur dans une région aussi délicate que celle de la choroïde antérieure.

Il nous reste encore, avant d'en finir avec la zonule, deux questions importantes à traiter : 1° quels sont ses rapports avec le corps vitré? 2° doit-on la considérer comme une membrane portant des renflements en forme de cordages, ou bien ces cordages sont-ils libres et indépendants les uns des autres?

La zonule n'est reliée au corps vitré que sur un point limité, situé tout à fait à son origine, à l'endroit où le revêtement des cellules claires se continue avec la rétine. Dans tout le reste de son trajet, elle glisse librement sur le corps vitré.

Pour en avoir la preuve directe, prenons un œil frais de bœuf, mettons-le durcir pendant huit jours dans le liquide de Müller, puis séparons cet œil en deux moitiés par une section au rasoir faite en suivant son plan équatorial. Plaçons l'hémisphère antérieur sous l'eau, la cornée en contact avec le fond du vase. Armés d'une petite pince, enlevons peu à peu la substance du vitré, en opérant vers le centre et en cherchant à creuser un canal qui nous conduira rapidement contre la face profonde du cristallin. A force d'enlever des fragments de vitré, nous finirons par toucher presque le pôle postérieur de la lentille, dont nous ne serons plus séparés que par une mince couche de substance vitréenne. En ce moment, nous apercevrons la hyaloïde antérieure, sous la forme d'une membrane mince et flottante ayant sous l'eau des reflets un peu opalins. Si nous parvenons à la saisir avec une pince à mors plats, une pince à épiler, par exemple, et à tirer en arrière dans la direction des fibres de la zonule, nous enlèverons tout d'une pièce et du même coup le reste de la substance vitrée appliquée contre la face profonde de la lentille, par une sorte de décor-

tication semblable à celle qu'on pratique quand on enlève au couteau la pelure d'une pêche bien mûre. Nous mettrons ainsi à nu les attaches antérieures de la zonule et, en poursuivant les tractions avec un peu d'habileté et de douceur, nous parviendrons facilement jusqu'à la queue du corps ciliaire; mais là, l'isolement deviendra extrêmement laborieux. Des masses énormes de vitré seront retenues contre les parties sous-jacentes. Nous constaterons qu'il en est de même sur toute l'étendue de l'espèce d'anneau qui marque la séparation du bord antérieur de la rétine avec l'ora serrata. Si, en nous aidant des aiguilles et de la loupe, nous parvenons à débarrasser une petite portion de cet anneau, nous constaterons que la hyaloïde se dédouble là en feuillets secondaires qui, à partir du point de fusionnement à la zonule, semblent se diriger vers la profondeur en divergeant et en cloisonnant le corps vitré. Donc le corps vitré est fortement relié à la zonule et à l'ora serrata.

Chaque cordage de la zonule est indépendant de ses voisins. La prétendue membrane unissante, signalée par quelques auteurs comme reliant les différents faisceaux entre eux pour former ce qu'on appelait le canal godronné, n'existe pas. Cette affirmation que j'émets est trop importante pour que je n'en fournisse pas immédiatement la preuve.

Sur un œil durci à l'alcool, détachez la zonule de l'uvée par la face antérieure en rasant les procès et en prenant bien garde de ne pas emporter dans la coupe un peu du corps vitré. Achevez de libérer du côté du cristallin le fragment de zonule que vous aurez coupé le plus loin possible en arrière, et emportez au bout un peu de l'angle des cristalloïdes. Colorez fortement ce fragment au picro-carmin et examinez-le au microscope, à plat sur une lame de verre. Les cordages de la zonule vous apparaîtront comme de longs tractus roses, appendus au morceau de cristalloïde que vous aurez enlevé avec eux. Entre deux tractus roses voisins, vous ne verrez rien de quelque façon que vous éclairiez ou que vous fassiez varier la mise au point. Mais l'épreuve n'est pas concluante : il pourrait très bien y avoir entre les cordages une membrane unissante, très mince et très transparente, n'ayant aucune affinité pour le carmin. Pour vous en assurer, faites avec un scalpel bien

tranchant une section nette en travers des cordelettes et examinez au microscope cette section en faisant varier la mise au point et l'éclairage ; de quelque façon que vous vous y preniez, vous n'apercevrez pas sur la coupe cette petite ligne sombre et nette reliant entre eux les tronçons zonulaires, qui se montrerait si ces tronçons étaient réunis les uns aux autres par une membrane mince comme celle dont je viens de parler.

Corps ciliaire.

Le corps ciliaire a été désigné par les anciens auteurs sous le nom de ganglion ciliaire, parce qu'il constitue à l'extrémité antérieure de la choroïde comme une masse renflée, formée pour un tissu beaucoup moins pigmenté que le reste de la membrane uvéale. Chez l'homme, il se présente à l'œil nu comme un bourrelet annulaire supportant la collerette gaufrée des procès.

Il se continue en arrière avec la choroïde par une extrémité effilée, et il s'attache en avant par un fort tendon à la face interne de la coque fibreuse de l'œil, juste au point de jonction de la sclérotique avec la cornée.

Sur une coupe méridienne, il a une apparence nettement triangulaire ; il présente par conséquent trois faces et trois angles que, pour éviter toute confusion, je désignerai par le nom des parties vers lesquelles ils sont tournés, à savoir : 1° une face cornéenne, une face hyaloïdienne, et une face sclérotícale ; 2° un angle cornéen, un angle cristallinien et un angle choroïdien.

La face cornéenne est occupée par le ligament pectiné et par l'attache périphérique de l'iris. Ce dernier s'insère, non pas sur la cornée comme on le dit et comme on le figure encore bien souvent, mais sur la face antérieure du corps ciliaire par une extrémité mince et friable composée de tissu cellulaire et de vaisseaux. Cette insertion fragile est renforcée par le ligament pectiné. Très solide et très volumineux chez la plupart des vertébrés, dans l'œil desquels il joue un rôle important, ce ce ligament est bien réduit chez l'homme où il n'a qu'un emploi secondaire. Il y est formé par des tractus en nombre variables qui relient la face antérieure de l'iris près de son insertion

périphérique aux bandelettes venues de la lame de Descemet et qui limitent en dedans le canal de Schlemm (Voyez 119 R). Ces tractus assez peu solides sont composés de tissu cellulaire fin entremêlé de fibres élastiques et de cellules pigmentées multipolaires. Ils forment dans l'encoignure de la chambre antérieure un système d'arcades à concavités dirigées vers la cornée et qui se réunissent entre elles par des prolongements latéraux. Ils sont recouverts par un revêtement endothélial qui ne m'a pas paru continu et qui se relie d'une part avec l'endothélium de la membrane de Descemet, d'autre part avec la couche endothéliale qui double la face antérieure de l'iris, jusqu'à la pupille. La chambre antérieure constitue donc un espace bien cimenté qui ne laisse passer l'humeur aqueuse que par l'ouverture pupillaire ou par le canal de Schlemm. Malgré les tractus de renfort du ligament pectiné, l'insertion périphérique de l'iris est peu solide. Rien n'est plus facile que de décoller le diaphragme irien; aussi tous les auteurs sont-ils d'accord pour recommander dans l'opération de l'iridectomie de n'exercer qu'avec une grande douceur des tractions sur l'iris.

La face scléroticale du corps ciliaire est légèrement convexe. C'est la plus longue des trois et elle est occupée tout entière par les faisceaux du muscle accommodateur (120 C et 118 E).

Cette face est séparée de la sclérotique par une fente qui vient aboutir en avant à un cul-de-sac formé par la réunion à la coque fibreuse du tendon antérieur du muscle ciliaire, et qui se continue en arrière entre la sclérotique et la choroïde jusqu'à l'entrée du nerf optique. Le corps ciliaire et la choroïde qui lui fait suite peuvent donc subir des mouvements de glissement sur les parties sus-jacentes. Du côté de la face externe, ces mouvements sont limités au niveau de la choroïde par les lames pigmentées de la lamina fusca qui s'anastomosent entre elles à angles aigus, constituant ainsi comme une sorte de membrane cloisonnée. Au niveau du corps ciliaire, ces mailles, déjà si larges dans la partie choroïdienne, s'étalent encore davantage, si bien que la face externe de ce corps n'est guère reliée à la sclérotique que par les vaisseaux et les nerfs. Ceux-ci pénètrent obliquement d'arrière en avant et de dehors en dedans dans l'épaisseur du ganglion ciliaire; avant de se

recourber pour gagner ce ganglion, ils suivent la face interne de la sclérotique qui est souvent creusée de petites gouttières pour les recevoir. Ils sont retenus contre cette membrane par

Fig. 120.

Région ciliaire normale.

(Photographie directe d'une coupe microscopique).

A. Chambre antérieure. — *B*. Sclérotique. — *C*. Fibres radiées du muscle ciliaire. — *D* Fibres réticulaires. — *E*. Ligament pectiné. — *F*. Fibrilles terminales de la membrane de Descemet. — *H*. Canal de Schlemm. — *K*. Lame fibro-vasculaire du corps ciliaire. — *O*. Espace supra-choroïdien. — *P*. Procès coupés obliquement. — *Q*. Iris.

des prolongements de la lamina fusca qui les maintiennent assez solidement pour que, quand on cherche à détacher le corps ciliaire et la choroïde qui lui fait suite de la coque fibreuse de l'œil, les artères et les nerfs restent souvent attachés à cette

dernière et se rompent au niveau de leur point de pénétration dans le ganglion.

La face interne du corps ciliaire nous est déjà connue en partie par les descriptions que j'ai fournies à propos de la zonule. Nous savons qu'elle donne attache aux fibrilles récurrentes et directes de ce dernier appareil, et qu'elle est doublée par deux couches superposées de cellules, dont l'une, pigmentée, continue en avant la lame uvéenne de la choroïde et dont l'autre, claire, représente la rétine dans la région ciliaire.

Tandis que la face externe du ganglion est surtout traversée par les artères et les nerfs, celle-ci au contraire est surtout occupée par les veines. Ces derniers vaisseaux sont logés dans une lame fibro-cellulaire qui, se continuant avec la choroïde en arrière, s'étale à la face interne du muscle accommodateur et va se confondre en avant avec l'iris (K fig. 118). Il en résulte que le corps ciliaire proprement dit se trouve constitué par deux parties distinctes : une lame interne qui occupe environ le quart de l'épaisseur du ganglion tout entier et que j'appelle lame *fibro-vasculaire ciliaire* (K fig. 118 *bis*) et, en dehors de cette lame, le muscle accommodateur.

Muscle ciliaire.

Le muscle ciliaire reproduit exactement la forme du corps ciliaire dans lequel il est contenu, c'est-à-dire que, sur les coupes méridiennes, il peut être exactement comparé à un triangle scalène dont le petit côté répondrait à la cornée, le côté moyen à l'intérieur de l'œil et le grand côté à la sclérotique (118).

Chez l'homme, le tissu musculaire est composé de fibres-cellules réunies en faisceaux longs et étroits. L'orientation de ces faisceaux, leur disposition dans le muscle, leur rôle dans l'accommodation ont donné lieu à des discussions nombreuses et passionnées qui continuent encore aujourd'hui. On peut dire que ce petit organe est de tout le corps humain celui dont le fonctionnement a donné naissance aux théories les plus variées et les plus inattendues.

Examiné sur une coupe méridienne colorée au picro-carmi-

nate d'ammoniaque, le tissu musculaire du corps ciliaire apparaît très nettement sous forme de faisceaux rubanés, tranchant par leur couleur jaune orangé sur le tissu de soutien plus faiblement coloré en rose (voyez fig. 118). Les fibres-cellules constituent dans les deux tiers de l'épaisseur du muscle comme une sorte de réseau dont les mailles, généralement losangiques, s'allongent au fur et à mesure qu'elles se rapprochent de l'angle choroïdien, se raccourcissent, au contraire, au point de se confondre les unes avec les autres quand elles arrivent vers l'angle cristallinien dans la région située au-dessus des procès. L'intervalle des mailles est rempli par un tissu conjonctif assez pauvre en cellules et formé par de très fines fibrilles, dont quelques-unes ont l'apparence de fibres élastiques. (Voyez fig. 118.)

Du côté de la sclérotique, les mailles dont je viens de parler s'anastomosent sur de nombreux points de leurs parcours avec la face profonde d'un gros faisceau de fibres-cellules qui s'étend depuis le tendon antérieur du muscle à la périphérie de la cornée jusqu'à la choroïde où il s'insère au niveau de l'ora serrata. Ce faisceau a une direction franchement méridienne : c'est le muscle radié des auteurs qui forme à peu près le tiers du volume du muscle accommodateur tout entier (E, fig. 118).

Dans l'angle cristallinien et au-dessus des procès, les mailles formées par les fibres-cellules deviennent de plus en plus étroites. Elles finissent par se confondre au niveau du cercle artériel de l'iris qu'on retrouve dans cet angle sectionné en travers sur toutes les coupes méridiennes. Tout contre la lumière de ce canal et souvent en avant de lui, on remarque aussi deux ou trois groupes de fibres-cellules qui paraissent également coupées en travers (fig. 118, H), ce sont les fibres circulaires de Müller.

Le long de la face hyaloïdienne du muscle ciliaire et sur toute son étendue, les fibres-cellules se rapprochent et se tassent, comme nous venons de le voir, dans l'angle cristallinien. Un certain nombre de faisceaux qui occupent cette face paraissent sectionnés en travers sur les coupes méridiennes. Ils constituent ce qu'on appelle le muscle de Max Schultze (fig. 118, D).

Il résulte de la description qui précède que le muscle accommodateur comprend :

1° Des faisceaux radiaires (fig. 118, E);

2° Des faisceaux réticulaires (fig. 118, G);

3° Des fibres circulaires antérieures (muscle de Müller) (fig. 118, H);

4° Des fibres circulaires internes (muscle de Max Schultze) (fig. 118, D).

Les faisceaux radiaires et réticulaires forment les 9/10 du muscle tout entier; leur épaisseur relative varie suivant les individus, c'est-à-dire que tantôt les faisceaux radiaires sont plus épais et les réticulaires plus minces, tantôt c'est la proportion inverse; mais toujours la somme des fibres de ces deux groupes constitue les 9/10 de l'épaisseur totale du muscle accommodateur, tandis que les fibres circulaires de Müller et de Schultze réunies n'en constituent guère que la dixième partie; et encore, dans certains cas, ces dernières fibres manquent tout à fait. J'ai examiné à ce point de vue vingt yeux humains. Une fois sur trois, je n'ai pas pu nettement déterminer sur mes coupes les faisceaux circulaires de Müller. En général, les mêmes variations d'épaisseur se retrouvent, chez un même individu, pour le muscle de Müller et pour le muscle de Schultze : quand les faisceaux de Müller sont très apparents, ceux de Schultze le sont également.

Les faisceaux circulaires décrits par ces deux auteurs sont dans un tel état d'infériorité comme nombre et comme épaisseur vis-à-vis des fibres réticulaires et radiées du muscle ciliaire, qu'il est impossible de leur attribuer, comme on l'a dit, un rôle prépondérant dans les phénomènes accommodateurs et surtout de les désigner comme les antagonistes de ces dernières. Sur une coupe méridienne, telle que celles représentées figure 118, on voit nettement, par l'orientation des mailles des faisceaux réticulaires, qu'ils agissent sur la choroïde dans le même sens que les fibres radiées avec lesquelles ils s'anastomosent sur de nombreux points de leur parcours. Comment admettre que les maigres fibres de Müller puissent, même avec l'aide des faisceaux de Max Schultze, contrebalancer l'effort d'un muscle aussi puissant dont l'épaisseur, comparée à celle des organes de Müller et de Schultze

réunis, est au moins dans la proportion de 10 à 1 ? Et cela d'autant plus que toutes ces fibres circulaires sont réunies au reste du muscle par de nombreuses anastomoses très faciles à démontrer ? D'ailleurs comment, avec cette théorie, expliquer les cas assez nombreux où le muscle de Müller manque et même ceux où il se montre très réduit ? Pour moi, ces petits faisceaux n'ont qu'un rôle absolument secondaire. Répandus à la périphérie de l'espèce d'éponge contractile formée par les fibres réticulaires, ils ont sans doute pour but d'en mieux répartir l'effort, la résultante des tractions exercées par le muscle accommodateur s'exerçant toujours dans le sens de l'orientation de la plus grande masse de ses faisceaux, c'est-à-dire dans le sens des fibres réticulaires et radiées.

Tendon antérieur du muscle ciliaire.

Le muscle accommodateur vient se fixer en avant sur un fort tendon qui paraît surtout continuer la direction du gros faisceau radié occupant la face sclérotical du corps ciliaire. Les descriptions qu'on a données de l'insertion de ce tendon à la coque fibreuse diffèrent avec chaque auteur, c'est ce qui explique les détails dans lesquels je crois devoir entrer.

Lorsqu'on veut faire des préparations dans le but d'étudier les attaches antérieures du muscle ciliaire, et la région du canal de Schlemm qui se trouve en rapport intime avec ces attaches, il faut bien prendre ses points de repère de façon à pratiquer les coupes en suivant exactement un des plans méridiens de l'œil. Dans ces conditions seulement, le canal de Schlemm est exactement coupé en travers et les différents faisceaux qui l'environnent se présentent avec leurs dimensions et leurs rapports normaux. Sur les coupes un peu obliques, ces rapports changent dans des proportions considérables : le canal de Schlemm s'allonge ainsi que le tendon du muscle ciliaire ; les faisceaux du ligament pectiné sont coupés en travers ; bref, on n'a plus sous les yeux la représentation exacte de la région.

La figure 119 montre comment elle se présente sur les coupes bien orientées. On trouve à la partie antéro-interne de la sclérotique, immédiatement au-dessus de la tête du corps

ciliaire, un faisceau de fibres conjonctives relativement volumineuses, ayant une direction franchement circulaire et, par conséquent, se montrant constamment sectionnées en travers sur les coupes méridiennes. J'appellerai *anneau sclérotical interne*, ce faisceau (fig. 119, A). Immédiatement en arrière du point où la lame de Descemet (D) se résout en un pinceau de fibres terminales, les lames cornéennes les plus profondes s'incurvent légèrement pour gagner le bord externe de l'anneau sclérotical interne et se continuer avec les faisceaux de la sclérotique à direction méridienne. Il résulte de cette disposition une sorte de gouttière dont l'ouverture est dirigée vers la chambre antérieure. Les fibrilles terminales de la membrane de Descemet passent comme un pont en dedans de cette gouttière, qu'elles transforment en un canal complet connu sous le nom de canal de Schlemm. Ces fibrilles se dirigent en rayonnant en arrière et forment trois faisceaux ; le plus externe s'insère sur l'anneau sclérotical interne ; le moyen, qui est de beaucoup le plus volumineux, constitue le tendon antérieur du muscle ciliaire ; l'interne, composé seulement de quelques fibrilles très écartées et très fines, se recourbe en un système d'arcades qui toutes vont s'attacher sur la face antérieure de l'iris et représentent ce qu'on est convenu d'appeler le *ligament pectiné*. Les espaces vides limités par les arcades du ligament pectiné portent le nom de *lacunes de Fontana*, par analogie avec des lacunes beaucoup plus marquées et plus importantes qu'on rencontre chez les animaux en ce point, et qui portent ce même nom.

Les fibres terminales de la membrane de Descemet qui constituent le tendon antérieur du muscle ciliaire et celles qui s'attachent à l'anneau sclérotical interne, sont, comme les faisceaux du ligament pectiné, séparées par des espaces vides. Ces espaces en forme de fentes très allongées font communiquer la chambre antérieure avec le canal de Schlemm, de sorte que l'humeur aqueuse qui se présente pour s'engager dans les voies lymphatiques antérieures dont le canal de Schlemm forme l'entrée, trouve en avant de ce canal comme une sorte de grillage protecteur. Ce grillage arrête les corps étrangers ou les concrétions trop volumineuses qui, en s'engageant dans ces voies si étroites, les obstrueraient d'un seul coup.

Attaches choroïdiennes du muscle ciliaire.

J'ai dit que les faisceaux musculaires lisses du corps ciliaire prenaient insertion en arrière sur la choroïde. Ici, le muscle ne montre pas, comme en avant, un tendon bien apparent : chacun de ses faisceaux se sépare en ses fibrilles constituantes qui s'étalent, s'effilent et viennent se fixer isolément sur la trame fibreuse choroïdienne. On a là un nouvel exemple du soin que prend la nature pour répartir sur une large surface les tractions opérées par l'appareil accommodateur.

Quand, après avoir arraché de la face interne de la sclérotique le corps ciliaire et la choroïde qui lui fait suite, on cherche à les dissocier après les avoir posés à plat sur une lame de verre, la lamina fusca tournée vers l'observateur, on arrive assez facilement avec des aiguilles à détacher de grands rubans de fibres radiées. Si on examine au microscope l'extrémité postérieure de ces rubans, on voit que, arrivées à leur point terminal sur la choroïde, les fibres musculaires forment d'abord entre elles un réseau anastomosé en larges mailles. Du bord postérieur de ce réseau partent de minces faisceaux de fibres-cellules qui se divisent et s'étalent en de fines traînées dont l'épaisseur ne comprend souvent qu'une seule cellule. Ces traînées vont se perdre dans la trame fibreuse de la sclérotique ou bien elles se réunissent entre elles pour former comme des renflements *en étoiles*, dont la description a été donnée pour la première fois par Iwanoff. Les étoiles d'Iwanoff fournissent elles-mêmes des prolongements très étroits de cellules musculaires qui divergent comme des rayons et vont se fixer isolément sur la choroïde.

Circulation et innervation de l'appareil accommodateur.

Le corps ciliaire et l'iris qui lui fait suite ont une circulation spéciale, à peu près indépendante de celles de la choroïde et de la rétine, attendu qu'elle ne fournit à ces deux dernières membranes que des anastomoses peu importantes. Ce point d'anatomie a été fort bien traité par Leber, aux travaux duquel il faut toujours se reporter quand on parle des vaisseaux de l'œil.

Les artères du corps ciliaire proviennent de deux sources

situées l'une en dedans, l'autre en dehors de la coque oculaire. Le corps ciliaire reçoit du sang : 1° *des artères ciliaires longues*, branches de l'ophtalmique qui, traversant la sclérotique au pourtour du nerf optique en même temps que les ciliaires courtes, suivent en ligne droite toute la face interne de la coque fibreuse pour gagner la face externe du corps ciliaire; 2° *des artères perforantes*, branches des musculaires qui se détachent de la face interne des muscles droits en arrière de leur tendon d'insertion antérieur, perforent obliquement la sclérotique d'arrière en avant, gagnent la lamina fusca et pénètrent ensuite dans le muscle accommodateur.

Grâce à ces deux sources différentes, la circulation artérielle de l'appareil ciliaire est à peu près à l'abri des augmentations de tension et des différents accidents qui peuvent survenir dans l'intérieur de la coque fibreuse. Que, par suite d'un processus pathologique quelconque, les ciliaires longues se trouvent obstruées, le sang affluera quand même dans le corps ciliaire par les perforantes et la nutrition de l'œil restera intacte. Ce luxe de précautions apporté par la nature pour sauvegarder autant que possible la circulation du corps ciliaire contre toute éventualité, s'explique quand on réfléchit à l'importance de cet organe, non seulement comme moteur du cristallin, mais encore comme régulateur de la tension intra-oculaire. Les expériences physiologiques comme les observations cliniques tendent à prouver en effet que la choroïde antérieure et surtout les procès sont les générateurs de l'humeur aqueuse, et qu'ils ont par conséquent sous leur dépendance un des grands facteurs de la nutrition de l'œil.

Pour avoir moins à décrire, je résume la circulation du corps ciliaire dans le schéma représenté figure 121 qui est semblable à celui de Leber, sauf quelques légères modifications que j'ai dû faire d'après mes propres recherches.

Les artères ciliaires longues (*d*) arrivent jusqu'au-dessus du corps ciliaire sans fournir de collatérales. Elles pénètrent obliquement le corps ciliaire, d'arrière en avant et de dehors en dedans, cheminent au milieu des fibres musculaires, puis se divisent en des branches secondaires. Ces branches se recourbent à angle droit sur le tronc principal, courent concentriquement au grand axe de l'œil et, s'abouchant les unes dans les

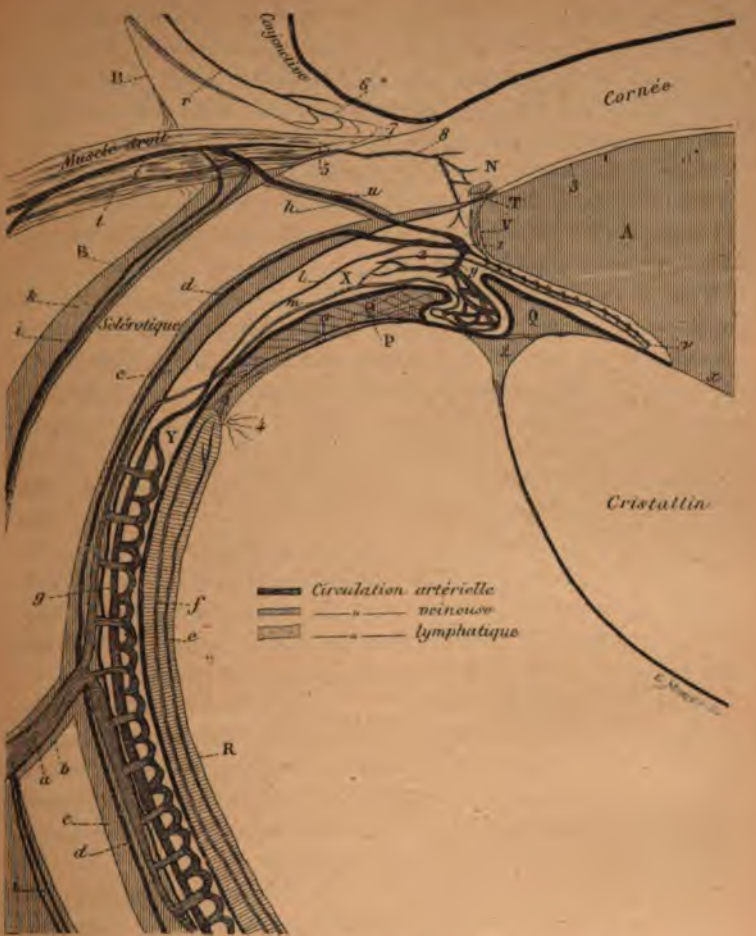


Fig. 121.

A Chambre antérieure; B Capsule de Ténon; N Canal de Schlemm; P Limite du vitré; Q Chambre postérieure; R Rétine; T Lacunes de Fontana; V Ligament pectiné; X Corps ciliaire; Y Choroïde; — *a* Veine vortiqueuse; *b* Sa gaîne lymphatique; *c* Espace supra-choroïdien; *d* Artère ciliaire longue; *e* Artère de la rétine; *f* Veine, *id.*; *g* Réseau choroïdien des artères ciliaires courtes; *h* Gaîne de l'artère perforante; *i* Récurrente postérieure de la musculaire; *k* Espace supra sclérotical; *l* Artère anastomatique; *m* Veine ciliaire; *o* Fibrilles ciliozonulaires; r Vaisseaux de la conjonctive; *s* Artère musculaire; *t* Veine musculaire; *u* Artère perforante; *v* Vaisseaux de l'iris; *x* Ouverture de la pupille; *y* Artère des procès; z Zonule. — 1 Grand cercle artériel de l'iris· 2 Artère ciliaire; 3 Membrane de Descemet; 4 Cloisonnement du vitré à l'ora serrata; 5 Réseau épiscléral; 6 Réseau conjonctival; 7 Anastomoses épiscléro-conjonctivales; 8 Veine scléro-cornéenne profonde.

autres, forment un canal circulaire continu parallèle à l'équateur du cristallin. On appelle ce canal *grand cercle artériel de l'iris*. Ce nom est impropre ; c'est *grand cercle artériel du corps ciliaire* qu'il faudrait dire, attendu qu'il est situé dans ce dernier organe et non dans le tissu irien (fig. 121, 1).

Les artères perforantes (*u*) pénètrent dans le muscle ordinairement en avant du point d'entrée des ciliaires longues. Elles gagnent rapidement le grand cercle artériel avec lequel elles s'abouchent à plein canal.

C'est de ce grand cercle que partent toutes les artères qui fournissent du sang soit à l'iris, soit aux procès. Je n'ai pas à m'occuper des premières. Les secondes forment des troncs volumineux et très courts (*y*) qui, à la base de chaque procès, s'épanouissent d'un seul coup en un grand nombre de branches. Ces branches s'anastomosent entre elles de façon à constituer un élégant réseau qui remplit à lui seul les trois quarts du procès. On ne peut pas se faire une idée de la beauté et de la richesse de ce réseau sur les coupes ordinaires. Il faut, pour s'en rendre compte, examiner des préparations faites avec des pièces injectées. Le procès apparaît alors comme formé par une espèce de tissu érectile admirablement disposé pour remplir le rôle de tenseur de la zonule qui lui est assigné.

Les artères ciliaires fournissent dans l'intérieur du muscle quelques branches récurrentes très grêles, dont les unes (*r*) sont destinées à la nutrition des faisceaux musculaires postérieurs, et dont les autres (*l*), peu nombreuses, se dirigent franchement vers l'ora serrata où elles vont s'anastomoser avec la terminaison des artères choroïdiennes postérieures.

Les veines qui ramènent le sang de l'iris, des procès ciliaires et du muscle accommodateur courent presque toutes le long de la face interne du corps ciliaire, dans la lame fibro-vasculaire qu'elles occupent en grande partie. Sur les coupes méridiennes, on les voit se diriger en arrière, en traçant des lignes presque parallèles à la couche de l'uvée au-dessus de laquelle elles sont placées (*m*) Arrivées au niveau de la queue du corps ciliaire, elles se recourbent en dehors pour aller gagner les veines vorticineuses de la choroïde dans lesquelles elles se déversent.

Une très petite quantité du sang veineux du corps ciliaire

et de l'iris retourne au dehors par les veines scléro-cornéennes profondes (8) et les veines des muscles droits (*t*). Ces veines scléro-cornéennes sont très peu apparentes sur le vivant à l'état normal; mais qu'il arrive une exagération de tension intra-oculaire déterminant une compression des veines ciliaires qui se déversent dans les tourbillons choroïdiens, immédiatement le sang refluera dans les veines scléro-cornéennes; celles-ci se gonfleront, deviendront apparentes et formeront tout autour de la cornée ce cercle bleuâtre, profond, qu'on désigne sous le nom de *cercle abdominal de Beer*, comme un des signes les plus caractéristiques du glaucome.

Les vaisseaux sanguins qui occupent la face sclérotícale du corps ciliaire reçoivent toujours avant de s'y engager des faisceaux musculaires que le muscle envoie en quelque sorte au-devant d'eux et qui les accompagnent sur une partie de leur trajet dans la lamina fusca. Ces muscles secondaires se poursuivent quelquefois fort loin dans le tissu de la choroïde à partir de la queue du corps ciliaire, sur le trajet des veines qui se rendent aux veines vorticineuses. D'autre part, des faisceaux de fibres-cellules accompagnent fréquemment les artères perforantes jusque dans l'intérieur de leur canal sclérotical.

Le corps ciliaire ne possède pas de vaisseaux lymphatiques proprement dits, mais, comme le montre la figure 121, il est environné par de grands espaces en forme de fentes qu'on ne peut mieux comparer qu'à des espaces lymphatiques.

En avant et sur toute sa face interne, il est baigné par l'humeur aqueuse contenue dans les chambres antérieures (A) et postérieures (Q). Par sa face externe, il répond à l'espace lymphatique supra-choroïdien (C) qui se termine près de son angle cornéen en un cul-de-sac dont le tendon du muscle accommodateur forme le fond. Dans la région ciliaire, l'espace supra-choroïdien communique avec l'espace supra-sclérotical (K), par les canaux creusés dans la sclérotique pour le passage des artères perforantes (*h*). Les liquides passent de l'un à l'autre réservoir en s'insinuant entre les parois de l'artère et le canal sclérotical, comme le prouvent les injections colorées.

D'autre part, l'humeur aqueuse sort de l'œil par le canal de Schlemm et les veines scléro-cornéennes, de telle sorte qu'on

peut dire que le ganglion ciliaire se trouve au confluent des grandes voies lymphatiques de l'œil.

Une question importante et qui n'est pas encore tranchée définitivement est celle de savoir si le canal de Schlemm appartient au système lymphatique ou bien au système veineux. Leber adopte la deuxième manière de voir, Schwalbe et Waldeyer la première. Je me range à l'opinion de ces deux derniers auteurs et je considère le canal de Schlemm comme un espace lymphatique pour les raisons que voici. J'ai jusqu'à ce jour examiné plus de cent yeux humains, tant normaux que pathologiques; jamais je n'ai vu, quand la région de Schlemm était intacte, des globules sanguins dans ce canal. L'espace de Schlemm est tapissé d'un endothélium absolument semblable à celui de la membrane de Descemet avec lequel il se continue. Chaque fois que j'ai poussé des injections par la chambre antérieure, j'ai toujours réussi à remplir le canal de Schlemm et du même coup les veines sclérotiales, même quand je me servais d'une pression relativement faible; mais d'autre part, je ne suis jamais arrivé (pas plus du reste que Schwalbe et Waldeyer) à remplir cet espace en poussant mes injections soit par le système artériel, soit par le système veineux, soit par les deux à la fois, même quand ces injections étaient parfaitement réussies et quand j'étais parvenu à remplir complètement les canaux ciliaires et sclérotiaux.

Pour expliquer ces faits en apparence contradictoires, à savoir que les masses injectées dans la chambre antérieure passent avec facilité dans le canal de Schlemm et de là dans les veines sclérotiales profondes, tandis qu'au contraire les mêmes masses poussées par les veines ne parviennent pas jusqu'au canal de Schlemm, on admet que les veines profondes de la sclérotique sont pourvues de valvules qui ne permettent pas aux liquides de refluer vers la chambre antérieure une fois qu'ils ont pénétré dans les vaisseaux. Waldeyer et Schwalbe, qui admettent ces valvules, avouent cependant n'avoir jamais pu les démontrer sur leurs préparations, malgré l'attention avec laquelle ils avaient cherché à vérifier ce point d'anatomie. Dans les nombreuses injections que j'ai faites pour étudier les espaces de Schwalbe, je suis arrivé une fois à obtenir une préparation qui m'a paru intéressante à ce point

de vue particulier. Après avoir injecté le système artériel et veineux d'un œil en place sur le cadavre avec une solution de bleu de Prusse dans la gélatine, j'avais poussé sous une faible pression une masse de gélatine colorée au carmin par la chambre antérieure, et j'avais réussi à très bien remplir les deux chambres ainsi que le canal de Schlemm. Sur une coupe du limbe scléro-cornéen qui comprenait une des petites branches du plexus veineux qui entoure ce canal, je remarquai que cette branche était remplie par un bouchon formé de deux parties disposées concentriquement et différemment colorées : une partie centrale colorée en bleu et une partie périphérique teintée en rouge. La première idée qui m'est venue après cette constatation, c'est que l'humeur aqueuse, arrivant par le canal de Schlemm, s'insinue non pas dans les veines sclératicales, mais entre les parois de ces veines et celles du trajet qu'elles creusent dans la sclérotique. Si une injection poussée par la chambre antérieure remplit ces veines, c'est que, malgré les précautions prises, la pression sous laquelle cette injection est faite est toujours plus considérable que la poussée de l'humeur aqueuse à l'état normal; sous l'effort de cette pression exagérée, les parois des petites veines qui sont si minces se rompent de dehors en dedans et l'injection pénètre dans l'intérieur du vaisseau. Si la masse injectée est poussée par le système veineux, les parois des petites veines sclératicales s'appliquent au fur et à mesure que le vaisseau se remplit contre les parois du canal sclérotical qui les soutient sur toute leur longueur, et empêche une distension trop exagérée, si bien que les vaisseaux ne se rompent pas. On a ainsi l'explication des faits énoncés plus haut.

Un motif qui milite en faveur des idées que je viens d'émettre, c'est que sur certains yeux pathologiques dans lesquels il s'était produit une forte exagération de tension (les yeux staphylomateux, par exemple), j'ai observé une sorte de dissociation des canaux des veines sclératicales profondes par les liquides intra-oculaires. Dans ce cas, on retrouvait toujours la veine rompue et comme flottant au milieu du canal sclérotical élargi.

Le corps ciliaire reçoit trois sortes de branches nerveuses : des branches sensitives, des branches nutritives et des

branches motrices. Les premières viennent du trijumeau par les nerfs ciliaires longs ; les deux dernières viennent du sympathique et de l'oculo-moteur commun, par l'intermédiaire du ganglion ophtalmique. Toutes ces branches nerveuses forment à l'origine des faisceaux assez volumineux qui traversent la sclérotique au pourtour du nerf optique, et qui courent entre la coque fibreuse et la choroïde à travers les lames de la lamina fusca. Ces lames se dédoublent à leur niveau au fur et à mesure qu'ils progressent, de façon à leur constituer des gaines enveloppantes qui les soutiennent, tout en leur permettant de subir des déplacements latéraux. Arrivés au niveau du corps ciliaire, les faisceaux nerveux se subdivisent et s'anastomosent pour former un réseau à larges mailles composé de branches encore assez volumineuses. De ce premier réseau partent les branches plus fines qui pénètrent plus avant dans l'intérieur du muscle, et qui s'unissent entre elles pour constituer un deuxième réseau à mailles plus délicates et plus serrées que le premier. Ce deuxième réseau donne par sa face interne naissance à des fibres extrêmement grêles qui se répandent entre les traînées de cellules musculaires où il est bien difficile de les suivre jusqu'à leur terminaison.

C'est sur des yeux d'enfants nouveau-nés qu'on peut le mieux étudier la disposition de l'appareil nerveux du corps ciliaire. Le procédé qui m'a surtout réussi pour le mettre en évidence, a été l'imprégnation au chlorure d'or et au jus de citron, suivant la méthode de Ranvier. Ainsi que l'ont déjà fait remarquer, il y a longtemps, Saemisch, Schweigger et Henri Müller, on trouve dans le muscle ciliaire, le long des fibres nerveuses, des amas de cellules ganglionnaires, tassées les unes à côté des autres par petits groupes. Elles sont d'autant plus nombreuses qu'on se rapproche des couches les plus externes du muscle, et elles se montrent surtout visibles au niveau des nœuds formés par l'entrecroisemnt des fibres dans les réseaux. Comme l'ont dit Iwanoff et son élève, Jeropheef, ces cellules sont de deux sortes : les unes, longues de 18 à 20 μ, ont des prolongements multiples et se voient surtout dans le réseau externe ; les autres, beaucoup plus petites (de 3 à 8 μ), sont bipolaires et siègent principalement dans les couches les plus internes. De plus, on distingue dans le muscle deux sortes de

fibres nerveuses : les unes, pâles et délicates, provenant apparemment du sympathique, se montrent en plus grand nombre dans les couches superficielles ; les autres, à double contour bien net, dominent surtout dans les couches profondes.

Les cellules ganglionnaires sont relativement nombreuses chez l'enfant. Elles deviennent plus rares avec les progrès de l'âge, mais ne disparaissent jamais complètement chez le vieillard.

Résumé des recherches anatomiques et physiologiques. Théorie de l'accommodation.

Maintenant que j'ai poursuivi jusqu'au bout l'anatomie de l'appareil accommodateur, je puis la résumer en même temps que les résultats fournis par mes expériences physiologiques dans les propositions suivantes, qui indiqueront du même coup le mécanisme de l'accommodation tel qu'on peut se le figurer d'après mes recherches.

1° Le cristallin est une lentille élastique mais non extensible qui, comme telle, est susceptile de prendre sous l'effort des tractions ou des pressions exercées sur la cristalloïde les formes les plus diverses, mais qui, aussitôt qu'elle est abandonnée à elle-même, récupère immédiatement son maximum de courbure.

2° Le cristallin en place dans l'œil humain est appliqué sur la face antérieure du corps vitré qui est creusée en cupule pour le recevoir et qui lui forme comme une sorte de coussinet hydraulique. Il y est maintenu aplati sans fatigue pour l'œil et pour ainsi dire mécaniquement, grâce à la disposition spéciale de la zonule de Zinn, décrite ci-dessous.

3° Cette zonule est formée par des cordelettes d'aspect vitreux, flexibles, mais non extensibles. Ces cordelettes, complètement indépendantes les unes des autres, sont sur tout leur parcours très solidement attachées à la choroïde, au corps ciliaire et surtout aux procès, mais elles ne sont reliées au corps vitré qu'en un point très limité de leur trajet, tout près de leur origine, à l'ora serrata. La tension des cordelettes est obtenue mécaniquement et sans fatigue sur l'œil à l'état de

repos, par les procès, sorte de coussinets érectiles qui appuient sur la zonule comme le feraient les doigts sur un plan de cordages.

4° L'expérimentation démontre que, lorsque l'œil accommode, la choroïde antérieure se porte en avant. L'anatomie explique ce mouvement par l'action du muscle ciliaire. J'ai démontré qu'on pouvait considérer en fait ce muscle comme une sorte d'*éponge contractile* qui, prenant son point fixe à la cornée, attire la choroïde en avant et la porte dans la direction du canal de Schlemm. Ce mouvement en avant est très limité, j'ai prouvé qu'il ne se fait pas sentir, comme on l'a dit, jusqu'au voisinage de la papille. En réalité, l'attache de la zonule du corps vitré à l'ora serrata constitue une sorte de cran d'arrêt qui empêche la choroïde postérieure de suivre le mouvement de l'antérieure. Ce mouvement, tout limité qu'il est, suffit pour assurer l'accommodation, puisqu'il a pour effet de déplacer les procès et de relâcher la pression qu'ils exercent sur la zonule. L'observation directe de l'œil vivant nous a montré, en effet, que, pendant l'acte accommodateur, les procès ciliaires se portent légèrement en avant en même temps que la zonule de Zinn.

5° Les recherches de Helmholtz ont prouvé que pendant l'accommodation le cristallin bombe surtout aux dépens de sa face antérieure ; l'anatomie explique cette particularité, par ce fait que le corps vitré qui enchatonne en quelque sorte la face profonde de la lentille ne permet qu'une expansion très limitée de cette face. L'augmentation des courbures qui se produit mécaniquement, grâce à l'élasticité propre du cristallin, doit donc, à cause de cet obstacle, se faire presque tout entière aux dépens de la face antérieure de la lentille qui est libre dans l'humeur aqueuse.

6° L'anatomie et la méthode expérimentale concordent pour fournir l'explication des faits d'accommodation partielle signalés dans ces derniers temps par différents auteurs, et surtout par MM. Martin et Javal, dans l'astigmatisme soit naturel, soit provoqué. La première montre que les cordelettes zonulaires sont indépendantes ; la deuxième prouve que, sous l'action des courants électriques, le muscle ciliaire peut se contracter partiellement.

XLIV

EINIGE RESULTATE

KLINISCHER OPHTHALMOMETRIE

Par PFLÜEGER

(*Ber. des X internat. Congr. Berlin 1890*).

Die klinische Ophthalmometrie, von Javal inaugurirt, belastet den Ophthalmogen, und erleichtert ihn zugleich; sie belastet die Arbeit in der Consultationsstunde um eine weitere, sehr präcise Untersuchungsmethode. Wer aber in diese Methode sich hineingelebt hat, wird dieselbe nicht mehr missen können; sie gibt eine Sicherheit in der subjectiven Untersuchung, die den Zeitverlust übercompensirt; sie gewährt Einblicke in die Refractionsund Accomodationszustände, welche ohne dieselbe uns vielfach verschlossen bleiben. Die Ueberbürdung ist daher nur eine scheinbare.

Manches Neue hat das Ophthalmometer uns die letzten Jahre gelehrt und Weiteres ist von seiner Anwendung zu erwarten. Erstaunen wird jeder College, welcher seine, ohne objective Hornhautmessung vorgenommenen Refractionsbestimmungen mit dem Ophthalmometer controlirt, wie viele Ungenauigkeiten trotz aller aufgewandeten Mühe und Zeit untergelaufen sind.

Nach der Demonstration des Ophthalmometers in London liess ich mir durch Herrn Javal ein Instrument für die

Universitäts Klinik in Bern bestellen; einige Zeit verging bis dasselbe geliefert wurde. Das etwas später bestellte Exemplar für meinen Privatgebrauch liess über 2 Jahre auf sich warten, so dass ich erst 1885 regelmässig in der Sprechstunde zu ophthalmometriren begann.

Für die Jahre 1885, 1886 und 1887 habe ich das Material aus der Privatsprechstunde, das ich persönlich untersucht habe, zusammengestellt. Das Material aus der Universitäts-Klinik und Poliklinik liess ich weg, weil dasselbe von zu verschiedenen Beobachtern herrührte, die zu dem anfangs das Instrument noch nicht so vertrauensvoll und unentbehrlich ansahen, wie es uns in den letzten Jahren geworden ist. Das hier in Betracht kommende Material ist also ein homogenes.

An dem Instrument habe ich einen eigenen Beleuchtungsapparat angebracht, der mir gute Dienste geleistet hat; er steht in der Ausstellung. Den bisherigen Apparat mit dem neuesten Modell von Javal, das ich ebenfalls besitze, für den gewöhnlichen Gebrauch zu vertauschen, habe mich bisher nicht entschliessen können, da mir die theoretischen Vortheile desselben gewisse Inconvenienzen nicht aufzwiegen scheinen. Wer mit dem Javal'schen Ophthalmometer gearbeitet hat, wird weniger präcisen Instrumenten und den mit denselben gewonnenen Resultaten nur bedingtes Vertrauen entgegenbringen können.

Der Thatsache, dass, seitdem ich ophthalmometrire, die Refractions-Anomalien eine noch grössere Rolle als bis dahin beanspruchen, veranlasste mich, die Zahl derselben der Gesammtzahl der Patienten gegenüber zu stellen und ferner die verschiedenen Refractions-Anomalien unter sich zu vergleichen im Ganzen so wohl als nach Decaden geordnet; unter der VII. Decade resp. unter der VII. Alters-Gruppe wurden alle Individuen von über 60 Jahren zusammengefasst.

Zu den Refractions-Anomalien wurden gerechnet alle subjectiv corrigirbaren Formen, dazu noch 387 Augen mit latentem Astigmatismus Corneæ von 0.75 D. und mehr. Anfangs waren nur Augen ophthalmometrirt worden, welche mit sphärischen Gläsern nicht auf Sehschärfe 1 gekommen sind, später fast alle diejenigen, für welche die Sehschärfe zu messen, angezeigt war. Wie viele Fälle von Refractions-Anomalien unter den

übrigen Patienten vorgekommen sein mögen, dafür fehlt natürlich jeder Anhaltspunkt.

Das Beobachtungsmaterial der 3 Jahre 1885, 1886 und 1887 beschlägt 4,664 Patienten, wobei Patienten, die in verschiedenen Jahren vorgekommen sind, nur einmal gerechnet wurden; hievon betrafen 2,016 = 43. 2 p. 100 Refractions-Anomalien. Diese vertheilen sich mit Bezug auf das Gesammt-Material:

Reine Myopie.	460	Individuen	9,8 0/0
— Hypermetropie. . .	382	—	8,2 0/0
Astigmatismus simplex. .	409	—	8,8 0/0
— myop. compos. . .	479	—	10,25 0/0
— hyperm. compos. .	270	—	6, 0/0
— mixtus.	16	—	0,35 0/0

Während im Gesammtmaterial von 4,664 Individuen, das männliche Geschlecht um 190 überwiegt, so ist unter den 1,179 astigmatischen Individuen das weibliche Geschlecht stärker vertreten und zwar um 57 Individuen, um 31 bei der corrigirbaren und 26 bei der latenten Form, des Astigmatismus.

Der gesammte Astigmatismus umfasst 1,174 = 25,2 p. 100 aller Patienten, während die rein sphärischen Ametropien 842 = 18, 5 p. 100 derselben ausmachen.

In den verschiedenen Decaden gestaltet sich das Verhältniss der Refractions-Anomalien zur Gesammtzahl der Patienten so, dass in der 1. Decade sie am meisten zurücktreten, im Verhältniss von 2 : 9, in der 2. am meisten hervortreten und zwar im Verhältniss von 2 : 3,5, in den folgenden Decaden mit geringen Schwankungen sich verhalten ungefähr wie 2 : 5.

In der 1. Decade macht sich noch die Annäherung an den Normalzustand bemerkbar; in der 2. Decade machen physisches Wachsthum und Culturerziehung ihre Wirkungen gelten.

Was nun die Vertheilung nach den einzelnen *Ametropien* betrifft, so wurde hier das Material nach *Augen* geordnet.

Myopien wurden untersucht in ganzen 1744, davon

Reine Myopie.	921	— 52,8 0/0
Myopie mit Astigmat.	823	— 47,1 0/0

Hypermetropien wurden untersucht in ganzen 2,033 davon
reine Hypermetr. . . . . 1613 — 78,57 0/0
Hypermetr. mit Astigmatism. . . 440 — 21,43 0/0

Es ist dieses Resultat nicht ein von vornherein auf der Hand liegendes, da es gewissen Anschauungen widerspricht; es kann Denjenigen zur Stütze dienen, welche im Astigmatismus nur ein Glied der multiplexen Reihe von Ursachen für die Myopie erblicken.

Das Verhalten der Myopie zur Hypermetropie in den einzelnen Decaden ist ein auffälliges:

In der 1ten Decade wie. . . 2 : 3 — 33,2 0/0 : 66,8 0/0
— 2ten fast wie . . . . 4 : 1 — 78,7 0/0 : 21,3 0/0

und nun sinkt die Percentzahl der Myopien allmählig auf 61, 59, 58, 43 und 33 p. 100, kommt also nach dem 60ten Altersjahr genau wieder zu der Zahl zurück, mit der sie in der 1. Decade begonnen hatte. Die Hypermetropie beschreibt die umgekehrte analoge Curve.

Astigmatismen wurden im ganzen untersucht 1,910, davon.

Astigmatismus simplex . . . . . 647 — 33,5 0/0
— myopic. composit. . . 823 — 43,0 0/0
— hyperm. composit. . . 440 — 23 0/0

Die Zahl der rein sphärischen Ametropien macht 56,6 p. 100 sämmtlicher Ametropien aus, die übrigen 43,4 p. 100 sind mit Astigmatismus von wenigstens 0,75 D. behaftet.

Die Astigmatismen ordnete ich nach der *Richtung* ihrer *Hauptmeridiane* in *Recti*, *Obliqui* und *Inversi*.

Zu der 1 ten Gruppe gehören die mit stärkst brechendem Meridian in der Verticalen oder näher an derselben als an der Horizontalen, von 0-40° von derselben abweichend; zu der 2ten die mit stärkst brechendem Meridian um 40-50° von derselben abweichend; die Inversi bilden den Rest.

Uberraschend wirkt die Constanz, mit welcher die Zahl der Recti von der 1. zur 7. Decade heruntergeht von 97 p. 100 in der ersten auf 92, 89, 82, 75, 73 und 53 p. 100. Das constante Sinken des Recti mit steigendem Alter macht sich nicht nur in

der Gesammtcurve geltend, sondern ebenso gut für die einzelnen Arten des Astigmatismus.

Mit derselben Constanz, mit welcher die Recti abfallen, steigen die Inversi an, von 0 p. 100 in der 1. Decade auf 5, 10, 14, 15, 22 und sogar auf 39 p. 100 in der letzten Alterskategorie über 60 Jahren. Die Symetrie der Curven ist eine ausserordentlich schöne; da, wo als einzige Ausnahme beim Ast. hyp. comp. in der 6. und 7 Altersgruppe die Curven nicht, wie sonst überall, einander zu streben, sondern miteinander parallel laufen, da geben die Obliqui sofort die Erklärung, welche hier eine steile Erhebung auf 31,6 p. 100 zeigen, während sie sich früher zwischen 3 und 8 p. 100 bewegten.

Die Gesammtcurve der Obliqui bewegt sich innerhalb 3 und 8 p. 100 mit deutlich aufsteigender Tendenz, die mich des Eindrükes nicht erwehren lässt, als ob die Obliqui, zum Theil wenigstens, eine Durchgangsstation von den Recti zu den Inversi darstellten. In jüngster Zeit ist in der Dissertation von dem leider zu früh verstorbenen Dr Roth die schon früher von Schön und mir behauptete Zunahme der Inversi mit dem Alter angezweifelt worden. Ich erwarte erst gleichwerthige Untersuchungreihen mit negativen Resultat, bevor ich diese auf ein so ausgedehntes homogenes Material sich stützende Meinung aufgeben kann und müsste ich überdiess noch verlangen, dass zu den Inversi nur die Fälle mit intakter Hornhaut gerechnet und davon die durch Narben in Folge von Traumen Ulcerationen und sclerotische Processe wie durch parenchymatöse Keratitis bedingten Formen strikte abgezogen werden müssen.

Mit Rücksicht auf die *Uebereinstimmung* der *ophthalmometrisch gefundenen Hauptmeridiane* der *Cornea* und der *subjectiv gefundenen Hauptemeridiane* des Gesammt-Auges, habe ich 97, 3 p. 100 Coinzidenz zu notiren. Die genaue Bestimmung dieses Verhaltens stösst auf grosse Schwierigkeiten wegen der häufigen Rollung der Augen, die bis 15 und 20° betragen kann und wegen mangelhafter Empfindlichkeit für Unterschiede von 5-10°. Diese Schwierigkeiten und Fehlerquellen haben mich dazu geführt, überall da, wo der corrigirende Cylinder mit der ophthalmometrisch gefundenen Axe eine Sehschärfe 1-1,25 ergibt, von der Controle der subjectiven Axe abzusehen.

Auf den Punkt, dass die Meridiane mit grösster Krümmungsdifferenz nicht immer senkrecht auf einanderstehn, will ich hier nicht eintreten.

Was die Richtung der Hauptmeridiane mit alleiniger Rücksicht zur *Verticalen* und *Horizontalen* anlangt, so zeigt sich, dass für die Patienten mit 2 Augen:

die Hauptmeridiane	genau vert. und horiz. stehen in		56,2 0/0
—	annähernd	—	3,9 0/0
—	schief, symetrisch. . . .	—	11,3 0/0
—	— annähernd	—	2,6 0/0
—	— parallel.	—	6,7 0/0
—	— unregelmässig . .	—	19,3 0/0
—	abgerundet vertical-horizontal. . .	—	60 0/0
—	symetrisch schräg. . .	—	14 0/0
—	parallel	—	6 0/0
—	unregelmässig.	—	20 0/0

Für die 250 Patienten mit 1 Auge:

die Hauptmeridiane	vert. und horiz.	65 0/0
—	schräg —	35 0/0

Für sämmtliche 1,514 Augen:

die Hauptmeridiane	vert. und horiz.	58 0/0
—	schräg —	42 0/0

Die 387 Augen mit Astigmatismus latens corneae ohne corrigirbaren subjectiven Astigmatismus lassen deutlich das Gesetz erkennen, dass derselbe, *cæteris paribus*, der Zahl wie dem Grade nach mit dem Alter successive abnimmt. Die mangelhafte Entwickelung der physischen Kräfte in der 1^ten^ und zum Theil noch in der 2^ten^ Decade machen sich hier fühlbar sowie die Indolenz von Greisen über 70 Jahren mit meist herabgesetztem Sehvermögen gegenüber vorgehaltenen Cylindern.

Die *Sehschärfe* habe ich für die Formen des Astigmatismus näher studirt, welche ganz oder theilweise manifest sind unter Ausserachtlassung der rein latenten Formen und habe ihr Verhalten geprüft:

1. zu dem Grade des Hornhautastigmatismus,

2. zu dem Grade des neben dem manifesten noch vorhandenen latenten Astigmatismus.

Die Resultate sind kurz folgende:

1. Die mittlere corrigirte Sehschärfe nimmt für alle Arten des Astigmatismus ab mit der Zunahme des Astigmatismus Corneæ. Theile ich diesen letztern ein in die 4 Gruppen: bis 1 D., 1,25-2 D., 2,25-3 D., 3 D. und mehr; so ergibt sich für alle untersuchten astigmatischen Augen eine mittlere corrigirte Sehschärfe von 1,09, 0,84, 0,68 und 0,33.

Der Grad der Sehschärfe varirt für die einzelnen Arten des Astigmatismus in nicht weiten Grenzen; für die einfachen Arten ist er etwas grösser als für die entsprechend combinirten; für die myopischen Formen ist der Unterschied etwas grösser als für die Hypermetropen.

Der hypermetrope Astigmatismus, einfacher und combinirter zusammengenommen, hat eine etwas grössere Sehschärfe als der myope.

Nach den Decaden zeigt sich entgegen dem allgemeinen Gesetz für die Sehschärfe eine Zunahme derselben durchschnittlich bis und mit der 4 Decade, von da ab allerdings wieder eine leichte Abnahme. Für alle astigmatischen Augen, ergibt sich nach den Decaden eine Sehschärfe von 0,66, 0,69, 0,79, 0,84, 0,81, 0,82, und 0,79.

Für die einzelnen Arten des Astigmatismus variren die Verhältnisse wieder etwas. Für den myopen Astigmatismus ist das Maximum des Sehschärfe früher erreicht und ist das Ansteigen und das Abfallen der Curve ein regelmässigeres als beim hypermetropen. Die Zunahme schwacher Grade von hypermetropen Astigmatimus von der 4. Decade an macht sich hier geltend.

2. Die mittlere corrigirte Sehschärfe in Bezug auf den latenten Astigmatismus ergibt das scheinbar auffällige Verhältniss, dass da, wo kein latenter Astigmatismus existirt, die Sehschärfe am kleinsten ist, dass sie ihr Maximum erreicht bei 0,25-0, 5 und von da an wieder abfällt. Bei Eintheilung der latenten Astigmatismus in die 4 Gruppen 0, 0,25-0,5, 0,75-1, 1,25 und mehr erhalten wir eine Sehschärfe von 0,65, 0,84, 0,78, und 0,63. Es ist dieses Verhalten das ganz natürliche. Die erste

Gruppe setzt sich zusammen aus alten Individuen und aus physisch schwachen jüngern Alters. Diese Gruppe abgerechnet gilt das Gesetz : Mit der Zunahme des latenten Astigmatismus geht Hand in Hand eine Abnahme der Sehschärfe. Dieser Satz tritt am klarsten hervor in den wiederholt untersuchten Fällen, wo durch das Tragen der Correctionsgläser der latente Astigmatismus allmählig ab, die Sehschärfe allmählig zunimmt.

[Après cette communication de M. Pflüger, MM. Sulzer, Swan M. Burnett et Fuchs ont pris la parole : leurs observations seront publiées dans le compte rendu du Congrès ; je regrette de ne pas en posséder le texte pour le reproduire ici. Ayant parlé en dernier, je me suis exprimé comme suit :]

M. Javal. — Je tiens d'abord à remercier M. Swan M. Burnett de tout ce qu'il a bien voulu dire ici sur l'utilité de l'ophtalmométrie clinique. L'honneur de cette branche de l'ophtalmologie revient à Helmholtz, mais il faudra du temps encore pour que les confrères européens soient convaincus de l'utilité pratique de l'ophtalmométrie, si bien reconnue en Amérique, grâce à M. Swan M. Burnett.

Quant à l'observation de M. Fuchs, loin d'en contester la justesse, je ferai remarquer que, depuis Woinow, nous savons que la mesure subjective de l'astigmatisme diffère souvent d'avec la mesure objective précisément dans les yeux privés de cristallin. C'est surtout grâce aux travaux de M. Scimemi que nous connaissons la cause de ces différences, qui proviennent de la position décentrée de la cornée par rapport à la ligne visuelle, et c'est en grande partie pour pouvoir plus aisément étudier la décentration de la cornée que les ophtalmomètres construits d'après mes indications depuis 1889 portent un disque divisé en parallèles et en méridiens, permettant d'ophtalmométrer la cornée dans toutes les positions du regard.

C'est par une routine, dont je décline la responsabilité, que, depuis 1881, on s'est borné à pratiquer l'ophtalmométrie de l'œil dirigé vers le centre de la lunette. J'ai signalé à plusieurs reprises l'influence de la décentration sur les images kératos-

copiques et M. Tscherning a insisté pour attribuer en partie à cette cause les différences entre les astigmatismes total et cornéen, qu'on attribue si facilement au cristallin.

Pendant son séjour à Paris, M. Eriksen a commencé un travail d'ophtalmométrie des parties excentriques de la cornée; c'est d'ailleurs pour une étude de ce genre que M. Sulzer a construit les mires rectangulaires à vernier qu'il a adaptées sur l'ophtalmomètre modèle de 1889 et qu'il vous a présentées tout à l'heure.

C'est principalement au sujet de la communication de M. Pflüger que je voudrais parler un peu longuement, car ce travail de notre confrère de Berne, dont je ne connaissais pas les résultats avant de l'avoir entendu comme vous tout à l'heure, m'a fait un plaisir extrême en confirmant mes idées sur les variations de l'astigmatisme cornéen.

Sur la foi des auteurs, nous admettions que l'astigmatisme ne varie pas chez un même sujet, avec le temps, lorsque l'année dernière, chez une de mes malades, le Dr Bull (*Soc. fr. d'ophtalmologie*, 1889, p. 76, et ci-dessus p. 431) constata une augmentation d'astigmatisme cornéen direct d'un œil que nous avions exclu de la vision en le tenant couvert pendant des années.

D'autre part, simultanément, MM. Pfalz à Königsberg (p. 187) et Martin à Bordeaux (p. 469) avaient remarqué la grande fréquence de l'astigmatisme inverse chez les glaucomateux et M. Martin avait même observé, dans quelques cas, une augmentation d'astigmatisme inverse pendant l'attaque glaucomateuse.

Dès 1867, dans les *Études ophtalmologiques* de Wecker, j'avais démontré, chiffres en mains, que l'astigmatisme inverse *total* est beaucoup plus fréquent qu'on ne le croit généralement. Ce résultat tenait sans doute en partie, comme je l'ai fait remarquer depuis, au nombre relativement grand de juifs qui figuraient dans ma statistique. Mais il tenait aussi à ce que je mesurais des astigmatismes faibles que les auteurs considèrent habituellement comme négligeables. Or, il existe un nombre relativement considérable d'astigmatismes totaux compris entre 0 et 0.75. Comme l'ont fait remarquer, indépendamment l'un de l'autre, Chibret et G. Bull, ces astigmatismes corres-

pondent souvent à un astigmatisme cornéen à peu près nul.

En faisant cette observation, M. Chibret et M. Bull n'avaient pas connaissance d'un travail bien plus ancien de M. Schiötz qui, dès 1886, avait remarqué la fréquence extrême d'un astigmatisme cornéen voisin de $0 \pm 0{,}5$ (voy. ci-dessus les fig. 47, 48 et 49 de la p. 217). M. Schiötz avait remarqué que cet astigmatisme cornéen se rencontre habituellement dans les yeux exempts d'astigmatisme total.

Dans le même ordre d'idées, je retrouve dans mes papiers une note du 22 février 1884 d'après laquelle, dans les cas d'astigmatisme total inverse, l'astigmatisme total est généralement supérieur à l'astigmatisme cornéen :

Nous voyons donc, par une série d'observations faites tout à fait indépendamment les unes des autres, que *l'œil normal possède un astigmatisme cornéen direct d'environ* $0 \pm 0{,}5$ *ou* 0 ± 0.75 *et un astigmatisme statique cristallinien inverse de même valeur.* (Ce petit astigmatisme statique du cristallin joue un rôle important dans la formule empirique du § C de la p. 131.)

D'autre part, le travail si remarquable de M. Eissen (voy. p. 295) entrepris d'après le conseil de M. Pflüger, a démontré expérimentalement comment, dans l'œil du lapin, un astigmatisme cornéen direct diminue sous l'influence d'une augmentation de pression.

A tous ces faits, la statistique dont M. Pflüger vient de nous donner connaissance ajoute la constatation positive de la fréquence de plus en plus grande de l'astigmatisme inverse à mesure qu'on mesure des cornées appartenant à des sujets plus âgés.

Reportons-nous aux statistiques antérieures, et nous trouvons que Nordenson a trouvé, pour l'As. cornéen inverse 1.3 0/0 parmi les élèves de l'école alsacienne, qui compte beaucoup d'enfants très jeunes. Le chiffre devient 5 0/0 dans la statistique de Swan M. Burnett (p. 375), 6.3 0/0 dans la statistique de Schiötz (p. 225 ci-dessus), et s'il n'est que 2.2 0/0 dans Pfalz (p. 179), c'est que cet auteur négligeait les cas inférieurs à 90 ± 0.75, qui sont précisément le gros bataillon.

La communication de M. Pflüger, confirmée par tous les faits que je viens d'énumérer, m'encourage donc à vous soumettre quelques hypothèses sur les réglages de l'œil.

Ces réglages me paraissent être au moins au nombre de quatre : deux sphériques et deux astigmatiques.

Réglages sphériques. — Vous connaissez tous le réglage intermittent, qui constitue l'accommodation. Il existe dans l'œil un second réglage sphérique, producteur de la myopie, qui rendait de grands services avant l'an de grâce 1299, date de l'invention des lunettes convexes, et dont on pourrait se passer aujourd'hui. Grâce à ce réglage, un très grand nombre de personnes qui font emploi de leurs yeux pendant leur jeunesse pour examiner de petits objets, deviennent myopes précisément autant qu'il convient pour pouvoir continuer leurs travaux jusqu'à l'âge le plus avancé. En général, ce réglage fonctionne d'une quantité rigoureusement égale pour les deux yeux. Quand il dépasse le but et aboutit à une myopie excessive, il faut habituellement en accuser quelque oculiste ou opticien maladroit.

Réglages astigmatiques. — Ici encore, il existe un réglage intermittent et un réglage permanent.

Le réglage intermittent, annoncé d'abord par Dobrowolski, est connu sous le nom *d'accommodation astigmatique du cristallin ;* son existence est affirmée maintenant par presque tous les oculistes qui font usage de mon ophtalmomètre, et son mécanisme me paraît avoir été décrit avec assez de probabilité dans l'important mémoire de M. Hocquard (ci-dessus p. 509).

Quant au réglage astigmatique permanent, d'après toutes les observations que je viens de récapituler, il est probable que l'œil normal de l'enfant est constitué avec un As. cornéen direct plus ou moins considérable, qui diminue par l'effet de l'emploi de l'œil, et cela d'année en année, pour s'arrêter aux environs de 0 ± 05. Dans les yeux où ce réglage ne se fait pas, il reste un As. cornéen direct, plus ou moins important, qui se retrouve généralement dans les yeux exclus de la vision, par cause de strabisme, par exemple, ou d'occlusion prolongée. D'après les statistique comparées de Nordenson, de Schiötz et surtout de Pflüger, ce réglage dépasse quelquefois le but d'une petite quantité, et cela d'autant plus souvent qu'on examine des sujets plus âgés. Enfin, dans le glaucome, le réglage a pour ainsi dire déclanché et, par un cercle vicieux, on trouve l'association de l'As. inverse et des phénomènes glaucomateux

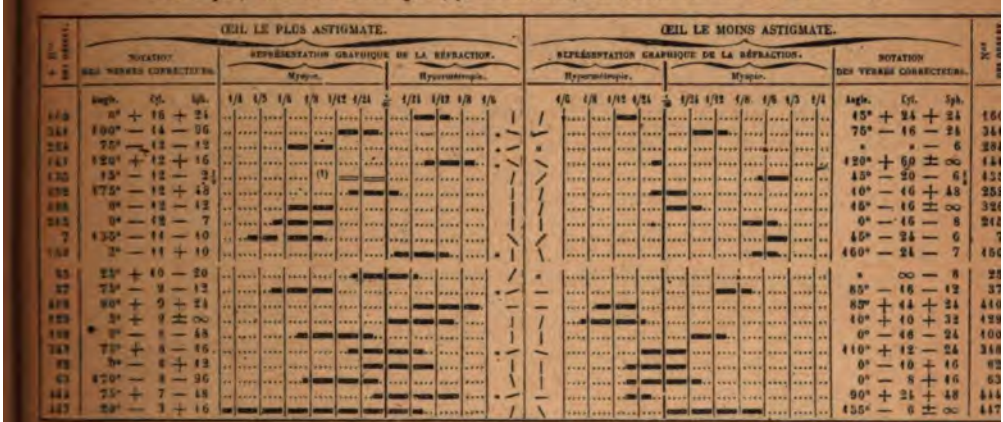
avec une relation de cause à effet certaine, mais dont le mécanisme est encore à trouver.

TABLEAU REPRÉSENTANT L'ASTIGMATISME DE 414 YEUX PRIS AU HASARD.

NUMÉROS DES OBSERVATIONS.	ŒIL GAUCHE. EXPRESSION DE LA RÉFRACTION.	ŒIL GAUCHE. REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE L'ASTIGMATISME.	ŒIL DROIT. REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE L'ASTIGMATISME.	ŒIL DROIT. EXPRESSION DE LA RÉFRACTION.	NUMÉROS DES OBSERVATIONS.
	Angle. Cyl. Ang.			Angle. Cyl. Ang.	
173	• ± ∞			• ± ∞	173
186	• ± ∞			• ± ∞	186
191	• ± ∞			• ± ∞	191
420	• ± ∞ — 16			• ± ∞ — 16	420
167	165° + 120 + 12			• ± ∞ ± ∞	167
188	90° ± 200			As. irrég.	188
66 bis	165° ± 120			90° ± 200	66 bis
91	150° ± 230			105° ± 120	91
189	15° ± 230			90° ± 230	189
385	• ± ∞ + 96			15° + 96 ± ∞	385
184	• ± ∞			120° ± 90	184
185	• ± ∞			90° ± 90	185
187	90° ± 96			• ± ∞	187
97	• ± ∞ — 16			65° — 96 — 12	97
344	As. irrég. — 96			105° — 60 — 96	344
324	105° — 200 — 96			25° — 96 — 96	324
182	15° ± 200			165° ± 96	182
194	0° ± 96			90° ± 96	194
179	75° ± 60			150° ± 120	179
195	165° ± 96			0° ± 60	195
171	0° ± 96			90° ± 60	171
209	15° ± 96			165° ± 60	209
196	0° ± 60			120° ± 96	196
371	75° ± 96			95° ± 60	371
90	105° + 60 ± ∞			75° — 60 — 6 ½	90
190	75° — 60 ± ∞			165° — 60 ± ∞	190
66	90° — 60 — 8			120° — 60 — 7	66
238	• ± ∞ + 72			30° ± 48 + 72	238
287	120° — 48 — 4			• + ∞ — 72	287
124	0° ± 120			0° ± 48	124
181	0° ± 120			0° ± 48	181
169	135° ± 96			85° ± 48	169
173	0° ± 96			0° ± 48	173
418	45° + 48 + 48			30° ± 96 + 48	418
178	75° ± 96			90° ± 48	178
197	25° ± 48			30° ± 96	197
224	15° — 48 ± ∞			15° + 96 ± ∞	224
427	40° ± 40			165° ± 60	427
331	65° — 48 ± ∞			150° — 60 ± ∞	331
180	30° ± 48			135° ± 60	180
176	40° ± 48			150° ± 48	176
193	30° ± 48			75° ± 48	193
199	165° — 48 — 7			35° — 48 — 7	199
278	0° — 48 — 60			0° — 48 — 60	278
310	100° — 48 — 36			75° — 48 — 36	310
255	• • — 8			45° — 32 — 3 ½	255
192	0° ± 36			15° ± 96	192
342	90° ± 32			90° ± 70	342
177	0° ± 60			0° ± 32	177
251	80° — 36 — 48			105° — 48 — 48	251
174	75° — 32 — 16			105° — 32 — 20	174
336	• ± ∞ ± ∞			90° — 21 — 3	336
198	90° — 20 — 6 ½			• — ∞ — 3 ½	198
341	75° — 16 — 24			100° — 14 — 25	341
133	90° — 17 + 48			90° — 11 + 24	133
100	0° — 8 — 48			0° — 18 — 24	100
34	15° ± 8			165° ± 18	34

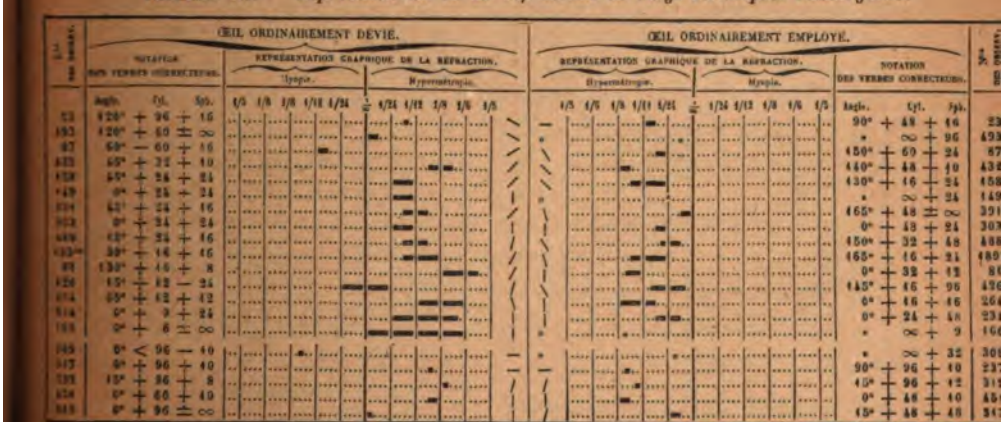
[Je me permets d'ajouter, à l'appui de ce qui précède, la reproduction photographique de trois tableaux que j'avais publiés en 1867, dans les *Études ophtalmologiques* de Wecker (1re édition). On voit qu'il y a plus de vingt ans, il était déjà possible de constater, au moyen d'examens optométriques soignés, la fréquence de l'As. inverse de faible degré. A la même époque, nous savions aussi que chez les strabiques (sauf dans le cas d'alternance avec réfaction sphérique identique), l'œil habituellement dévié est le plus astigmatique. A cette époque, nous pensions et nous pensons encore aujourd'hui, que si l'un des yeux est plus habituellement dévié, c'est parce que son As. plus fort le rend moins propre à la vision; mais il faut ajouter qu'ici encore il y a un cercle vicieux et que, très probablement, chez un certain nombre de strabiques, l'As. de l'œil habituellement employé a diminué depuis l'époque où le strabisme s'est produit.]

TABLEAU II. — *Représentation graphique de la réfraction de vingt personnes prises au hasard parmi celles qui, sans être strabiques, présentaient, au moins sur un œil,* As = 1/16.



(1) Ce trait devrait être reporté bien au delà des limites du tableau. — Les observations marquées * sont relatives à des personnes qui se plaignaient peu de leur vue.

TABLEAU III. — *Représentation de la réfraction de vingt strabiques convergents.*



Les cinq dernières observations sont relatives à des strabiques alternants.

THÉORIE

DE

L'OPHTALMOMÉTRIE

DE LA CORNÉE

Par TSCHERNING

---

§ 1er. — Des images réfléchies par la cornée sphérique.

Théorie élémentaire des miroirs convexes sphériques.

Considérons la cornée comme un petit miroir convexe, et, pour commencer, supposons-la sphérique. Suivant la théorie élémentaire des miroirs convexes, le foyer se trouve sur l'axe, à égale distance entre la surface et son centre. Tous les rayons, qui avant de rencontrer le miroir étaient parallèles à l'axe, sont réfléchis comme s'ils venaient du foyer, et suivant la loi de réciprocité, tous les rayons qui avant de rencontrer le miroir étaient dirigés vers le foyer, sont réfléchis parallèlement à l'axe. On peut employer cette propriété du foyer pour construire l'image d'un objet donné.

Soit A B (fig. 122) l'objet, L M la cornée, $r = CK$ son rayon, et F son foyer catoptrique, nous traçons :

1° Le rayon A D parallèle à l'axe; il sera réfléchi suivant D E comme s'il venait de F.

2° Le rayon A F; il sera réfléchi suivant H G. Le point a, où les prolongements des deux rayons réfléchis se coupent est l'image de A.

La grandeur de l'image est facile à déterminer. Abaissons

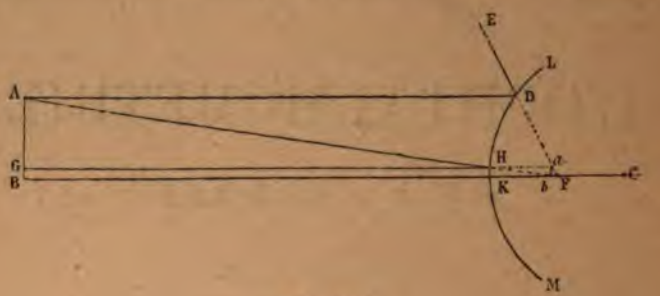


Fig. 122.

des points a et H les perpendiculaires $a\,b$ et H K sur l'axe B C. La perpendiculaire H K se confond avec l'arc correspondant de la cornée. On a $a\,b = $ H K, puisque H G est parallèle à l'axe. Le triangle A F B nous donne la relation

$$\frac{A\,B}{H\,K} = \frac{F\,B}{F\,K} \qquad 1)$$

Comme l'angle A F B est très petit, on peut admettre

$$F\,K = F\,H = \frac{r}{2}$$

Soit $I = a\,b = H\,K$ la grandeur de l'image; O la grandeur de l'objet A B, et l la distance B F, la relation peut s'écrire

$$\frac{O}{I} = \frac{l}{\frac{r}{2}}$$

ou

$$\frac{O}{I} = \frac{2\,l}{r} \qquad 2)$$

formule dont nous aurons constamment à faire usage.

Parties utilisées de la cornée.

Cette théorie n'est qu'approximative; la condition qui doit être remplie pour qu'on puisse l'employer est que l'ouverture du miroir ne mesure que quelques degrés. Si l'ouverture du miroir est plus grande, on a ce qu'on nomme l'aberration de sphéricité : les rayons émanant d'un point n'ont pas pour image un point unique, car les parties périphériques du miroir amè-

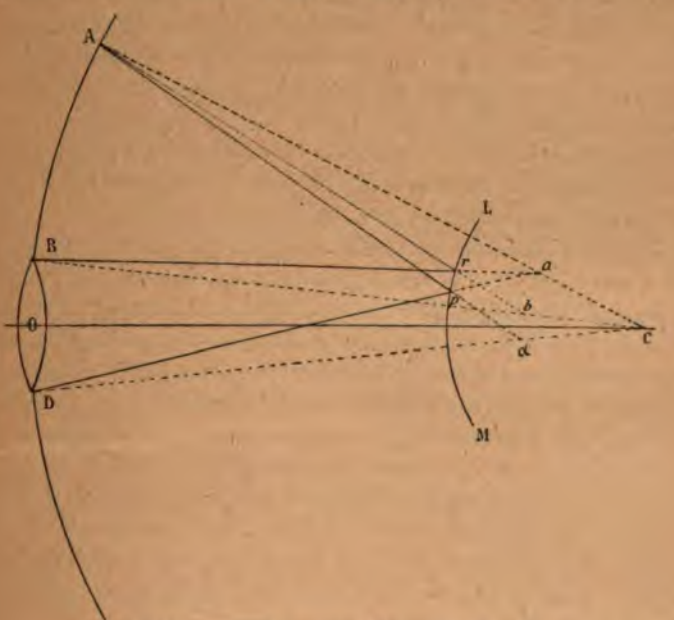


Fig. 123. — (Sur la figure, lire *d* au lieu de α.)

nent les rayons qu'elles reçoivent de ce point à se rencontrer plus près de la surface que les parties centrales. La cornée ayant une ouverture de plus de 90 degrés, les parties les plus périphériques auraient leur foyer situé à plus de 2 millimètres en avant de celui formé par les parties centrales. Si toute la cornée était utilisée, on ne pourrait donc pas appliquer la théorie élémentaire et, du reste, les images seraient tellement défectueuses, qu'on ne pourrait rien distinguer.

Mais en réalité ce n'est qu'une toute petite partie qui est uti-

lisée. Pour s'en rendre compte, on n'a qu'à jeter un coup d'œil sur la figure 123.

A B D représente l'arc de l'ophtalmomètre (1) au milieu duquel se trouve l'objectif B D. Soit A un point lumineux, *a b* et *d* sont les images de A, B et D. — De A partent des rayons dans toutes les directions; une partie de ces rayons sont réfléchis par la cornée L M de manière à rencontrer l'objectif B D.

Pour trouver ces rayons, on n'a qu'à tracer les droites *a* B et *a* D joignant le point *a* aux bords de l'objectif; les rayons situés dans l'espace circonscrit par ces droites sont les seuls utilisés; la petite partie circulaire de la cornée, dont *r p* est le diamètre, est la seule qui envoie dans la lunette de la lumière provenant du point A et A *r p* est la section du cône incident, enveloppe des rayons qui, après réflexion, rencontrent l'objectif; prolongé, ce cône passerait, par *b d*, c'est-à-dire par les bords de l'image de l'objectif. Comme A *r* et A *p* sont presque parallèles, *r p* et et *b d* ont à peu près la même grandeur. Le diamètre de l'objectif étant de 40 millimètres, son image *a b* a, suivant notre formule 2), page 574, un diamètre d'environ un demi-millimètre, qui est aussi la grandeur du diamètre *r p* de la partie utilisée de la cornée; un demi-millimètre correspondant à 1/16 du rayon de la cornée, l'ouverture de la partie utilisée est environ 3 degrés. Cela explique pourquoi nous avons des images nettes.

Dans notre instrument, le point A est remplacé par le bord interne d'une mire qui se trouve à 20 degrés environ de l'axe. D'après la loi connue de la réflexion sur les surfaces sphériques, il résulte que le milieu de la partie utilisée *r p* se trouve à environ 10 degrés de l'axe.

On voit donc que *ce qu'on observe au moyen de l'ophtalmomètre*, pour une seule position de l'arc, *ne peut donner de renseignements que sur deux petites parties de la cornée* qui sont *situées à une distance d'à peu près* $1^{mm},2$ *de part et d'autre de la ligne visuelle*. Si l'on fait tourner l'arc, la partie utilisée de la cornée tourne en même temps, si bien que l'ensemble des parties utilisées affecte une forme annulaire; le reste de la cornée ne joue

(1) A moins d'indication contraire, nous désignerons par le mot « ophtalmomètre, » l'ophtalmomètre de MM. Javal et Schiötz, modèle 1889.

aucun rôle. La partie centrale, aussi bien que la partie périphérique, pourraient affecter les formes les plus irrégulières ou ne pas réfléchir du tout que cela ne changerait rien aux mesures (1).

Ce qu'on mesure est la courbure d'un cercle qui passerait par les deux endroits utilisés, situés à peu près à 10 degrés de chaque côté de la ligne visuelle. Pour une telle ouverture, les formules simples ne sont pas suffisantes. L'instrument construit d'après ces formules a donc besoin d'une légère correction; nous verrons plus tard comment on l'exécute, mais, pour comprendre le jeu de l'instrument, les formules simples sont tout à fait suffisantes.

Forme des images dans l'espace.

Avant d'expliquer comment on mesure le rayon de courbure de la cornée, nous dirons encore deux mots sur la forme de

(1) L'ophtalmomètre ne mesure donc pas exactement le rayon de courbure dans le cas où la section antéropostérieure de la cornée n'est pas circulaire.

Supposons la section elliptique et l'axe de l'ophtalmomètre coïncidant avec le grand axe de l'ellipse. Supposons de plus l'objectif réduit à un seul point; la partie utilisée de la cornée se réduit également à un point (pour chaque mire). Traçons les normales en chacun de ces deux points; elles se rencontrent en un point situé sur l'axe; traçons, de ce point d'intersection comme centre, un cercle passant par les deux points utilisés. La réflexion se fait comme si elle avait lieu sur ce cercle et c'est le rayon de ce cercle qu'on mesure; ce rayon n'est égal ni au rayon de courbure du sommet ni au rayon de courbure du point utilisé. Nous verrons plus tard (page 616) la grandeur que cette erreur peut atteindre. L'instrument de Javal et Schiötz partage cette erreur avec tous les ophtalmomètres, sauf celui de Blix.

Si l'on tient à avoir une mesure aussi exacte que possible du rayon de courbure en un point donné, il faut employer deux mires situées aussi près l'une de l'autre que possible; c'est ainsi que les mires lumineuses de Helmholtz se trouvaient à une distance de 14 degrés, correspondant à une grandeur d'image inférieure à 2 millimètres. On peut obtenir le même effet en remplaçant le prisme biréfringent de l'ophtalmomètre de Javal et Schiötz par un autre plus faible. Pour l'emploi pratique, il est au contraire utile de prendre un dédoublement plus fort; plus le dédoublement est fort, plus grande devient l'aire de l'anneau circulaire sur lequel l'ophtalmomètre nous donne des renseignements, car une zone annulaire de même largeur a une aire d'autant plus grande qu'elle est plus éloignée du centre. Mais on ne peut pas aller très loin dans cette voie, parce que en pratique il ne nous importe d'étudier que la partie de la cornée qui correspond à l'ouverture pupillaire; d'un autre côté, plus le dédoublemen est fort, plus le prisme biréfringent doit être épais, ce qui amène une perte considérable de lumière par absorption et diminue en outre la netteté des images, surtout par augmentation de l'aberration chromatique.

l'image dans l'espace. — On sait que la forme de l'image produite par un miroir convexe n'est pas semblable à celle de l'objet; on n'a qu'à se rappeler les images formées par les boules argentées qui ornent les jardins. C'est ainsi qu'une ligne droite perpendiculaire à l'axe d'un tel miroir a pour image une partie d'une ellipse convexe en avant et dont un des foyers est le centre du miroir (1). Au contraire, pour avoir

Fig. 124 *a*.

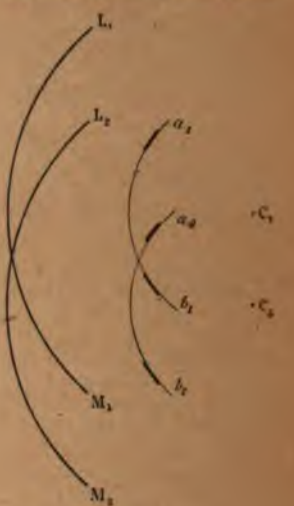


Fig. 124 *b*.

une image rectiligne, il faut donner à l'objet une forme elliptique, de façon que le milieu soit beaucoup plus éloigné du miroir que les deux extrémités. Un arc de cercle concentrique au miroir est le seul objet qui donne une image semblable à lui-même. C'est cette particularité qui a fait choisir un arc de cercle pour porter les mires. Si l'arc de l'ophtalmomètre était lumineux, son image serait donc un petit arc de cercle, et les images des mires ont par conséquent une position oblique par rapport à la ligne visuelle.

L M (fig. 124 *a*) représente une section de la cornée, *a b* l'image de l'arc de l'ophtalmomètre, sur laquelle se trouvent

(1) Un des théorèmes de la catoptrique d'Euclide est déjà ainsi conçu : *In convexis speculis aspectabilium imagines plerumque apparent convexæ.*

les images des mires (a, b). Vue à travers le prisme biréfringent, la figure prendrait l'aspect représenté par 124 b.

On voit que si on rapprochait les mires un peu l'une de l'autre, les bords internes de b_1 et de a_2 se toucheraient et on aurait le contact.

§ 2. — Du dédoublement.

Reprenons maintenant notre formule 2) sous la forme

$$r = \frac{2\,l\,\mathrm{I}}{\mathrm{O}}$$

O est l'objet, *c'est-à-dire l'espace compris entre les bords internes des mires*, I est l'image de cet objet, qu'il est permis d'admettre située au foyer du miroir cornéen et l la distance de l'objet à l'image, c'est-à-dire au foyer. Parmi ces grandeurs, l est constante. Si la lunette est bien au point pour l'image réfléchie, la distance de celle-ci à l'objectif est toujours la même et égale à la distance focale de la lentille antérieure de l'objectif, qui est de 270^{mm}. Le bord antérieur de l'arc se trouvant à la même distance de l'œil que cette lentille, l est donc aussi égal à 270^{mm}. La constance de l est donc assurée sans avoir besoin de mesurer la distance de l'œil observé à l'instrument. Nous faisons la mesure de r en changeant la grandeur de O par le déplacement d'une mire, jusqu'à ce que l'image I ait une grandeur déterminée ; pour des raisons qui seront indiqués plus loin (p. 596), on a pris $\mathrm{I} = 2^{mm},94$. Ainsi, dans notre expression de r, le numérateur est constant, O seul est variable.

Pour nous assurer que I a bien la grandeur adoptée, nous employons la méthode de dédoublement, si heureusement introduite dans l'ophtalmométrie par Helmholtz, et qui présente l'avantage de diminuer les inexactitudes causées par les mouvements de l'œil observé. Par un moyen optique, tout ce qu'on observe dans le champ de la lunette est dédoublé, et la distance entre les deux images du même point est toujours la même ($2^{mm},94$). On fait varier la grandeur des objets jusqu'à ce que l'image soit égale au dédoublement.

La figure 125 représente ce qu'on observe en regardant à tra-

vers l'ophtalmomètre, sans prisme biréfringent; la figure 126

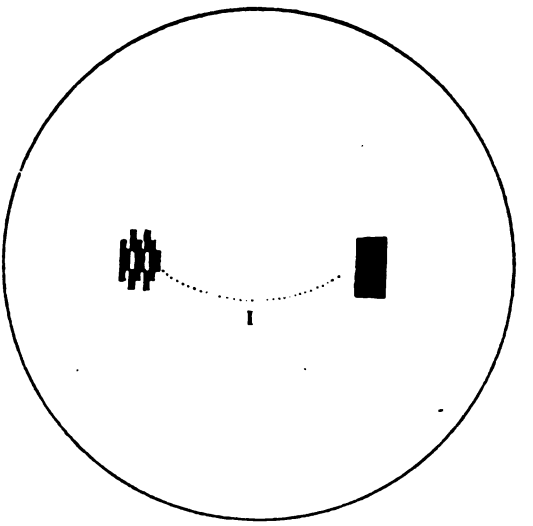


Fig. 125.

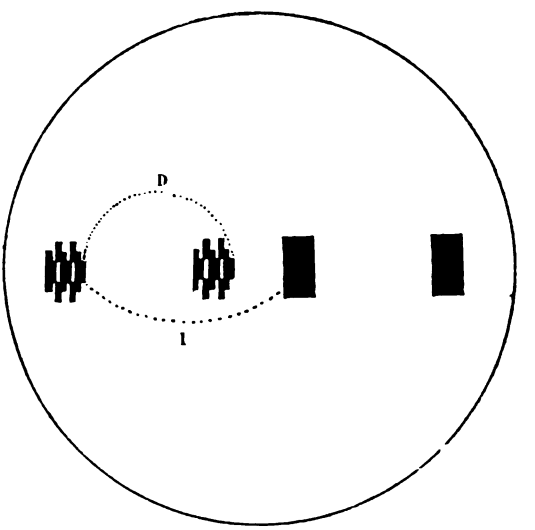


Fig. 126.

représente ce que l'on voit, le prisme étant mis en place, mais avant d'obtenir le contact. Remarquons sur la dernière

figure que l'image I est plus grande que le dédoublement D, et que l'égalité sera établie au moment où on aura obtenu le contact par le rapprochement des mires. Dans le cas de notre instrument, au moment du contact, on a $I = 2^{mm}, 94$.

Méthodes de dédoublement.

Il existe une série de moyens pour obtenir le dédoublement. Nous allons en énumérer plusieurs qui ont été essayés au laboratoire d'ophtalmologie de la Sorbonne (1).

1° Une première méthode consiste à diviser les rayons qui traversent l'objectif en *deux moitiés, une supérieure et une inférieure*, de façon à obtenir deux images, déplacées l'une vers la droite et l'autre vers la gauche. On peut obtenir ce résultat de différentes manières.

a) On place devant chaque moitié de l'objectif un prisme très faible, l'un de ces prismes ayant son arête à droite et l'autre à gauche.

b) Au lieu de prismes, on peut employer des plaques à surfaces planes et parallèles, placées obliquement mais d'une manière symétrique par rapport à l'axe de la lunette ; c'est la méthode employée par *Helmholtz* et plus tard par MM. *Dubois* et *Leroy*.

c) On peut encore obtenir le même résultat en sciant l'objectif en deux moitiés, une supérieure et une inférieure et en les déplaçant latéralement, comme on voit sur la figure 127 et comme cela se fait dans certains télémètres.

Fig. 127.

La première de ces méthodes donne des images moins bonnes à cause des aberrations dues au prisme ; la deuxième et la troisième donnent de très bonnes images ; celles obtenues par la dernière méthode sont un peu supérieures aux autres comme intensité lumineuse.

Ces procédés sont théoriquement très bons, ils donnent, les deux derniers au moins, d'excellents résultats, lorsqu'on se borne à mesurer des yeux artificiels ; on peut arri-

(1) A moins d'indication contraire, nous supposerons, dans ce qui suit, l'arc de l'ophtalmomètre placé horizontalement.

ver à mesurer le rayon de courbure avec une exactitude qui est supérieure à $\frac{1}{500}$ de sa valeur, mais en pratique elles ont un inconvénient qui rend leur emploi difficile. On sait qu'on détermine les méridiens principaux d'un œil astigmate par le phénomène qu'on appelle dénivellation (voyez p. 606), ces méridiens étant les seuls où la dénivellation est nulle. Or, si on essaie de déterminer les méridiens principaux avec un ophtalmomètre construit selon ces procédés, on remarque que la dénivellation varie avec la mise au point; même en observant une sphère, on a de la dénivellation si on n'est pas exactement au point. Il s'ensuit une incertitude intolérable dans la recherche des méridiens principaux sur l'œil vivant, lequel ne reste jamais absolument immobile. On met l'instrument au point et on cherche un méridien principal en tournant l'arc jusqu'à ce qu'on n'ait plus de dénivellation; puis on tourne l'arc 90 degrés pour chercher la position du deuxième méridien. Pendant ce temps, l'œil a fait un petit mouvement et on trouve un deuxième méridien qui n'est pas perpendiculaire au premier; si l'on revient à la mesure de celui-ci, on trouve un angle qui ne concorde pas avec celui trouvé antérieurement. Pour ces raisons, ces systèmes sont incommodes pour faire des observations sur l'œil vivant.

2° Une deuxième série de méthodes de dédoublement consiste à diviser le cône des rayons incidents en *deux moitiés latérales qui donnent deux images l'une à droite, l'autre à gauche.*

Une telle disposition peut être obtenue :

a) En plaçant devant l'objectif un biprisme à arête verticale.

b) En plaçant devant chaque moitié de l'objectif une plaque de verre à surfaces planes et parallèles, formant un angle avec l'axe de la lunette (Voyez fig. 128). (Ce sont les plaques de Helmholtz placées l'une à côté de l'autre au lieu d'être l'une au-dessus de l'autre.)

Fig. 128.

c) On peut encore obtenir le même résultat en enlevant une bande verticale du milieu de l'objectif et en collant les deux moitiés restantes l'une contre l'autre (fig. 129).

Les deux derniers procédés donnent de très bonnes images. Ils permettent de mesurer des yeux artificiels avec une exactitude très grande, et il n'y a pas de difficulté pour déterminer les méridiens principaux. Mais un autre inconvénient rend difficile

leur emploi sur l'œil vivant. Lorsque, après avoir mis la lunette au point pour l'image cornéenne et produit le contact en déplaçant les mires, on avance ou recule tant soit peu la lunette, on remarque que le contact n'existe plus, les images des mires se couvrent un peu ou sont un peu écartées l'une de l'autre. — Si l'œil observé fait un mouvement pendant la rotation de l'arc, on est exposé à obtenir des mesures d'astigmatisme tout à fait fausses. — L'erreur est pourtant moindre en employant la méthode *b* qu'avec les deux autres.

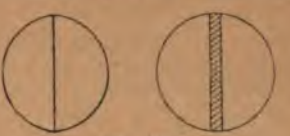


Fig. 129.

Pour éviter ces inconvénients, il est avantageux de se servir de cristaux biréfringents. — On sait que chaque rayon qui traverse un tel cristal se divise en deux : l'ordinaire et l'extraordinaire. Ces deux rayons forment entre eux un angle, dont la grandeur dépend de la nature du cristal, de la direction du rayon incident par rapport à l'axe du cristal et de l'épaisseur de celui-ci. Tandis que tous les procédés précédents divisent le cône lumineux incident en deux demi-cônes dont chacun est déplacé un peu à droite ou à gauche, les cristaux, agissant d'une manière tout à fait différente, forment deux cônes entiers, chacun d'une intensité moitié de celle du cône incident. Si l'on regarde un point lumineux à travers l'ophtalmomètre de Helmholtz, on voit deux points, qui, par une mise au point inexacte, se changent en deux demi-cercles à diamètre horizontal, et dont la hauteur paraît varier. A travers l'ophtalmomètre à prisme biréfringent, on voit deux cercles complets.

Pour obtenir le dédoublement, *Coccius* a employé une lame de spath ; *Javal* et *Schiötz* ont préféré un prisme de *Wollaston*.

Le prisme de *Wollaston* (fig. 130) est composé de deux prismes de quartz qui paraissent égaux. L'angle formé par les faces de chaque prisme doit être plus ou moins grand, suivant qu'on veut obtenir un dédoublement plus ou moins considérable. Ces deux prismes rectangles sont collés l'un contre l'autre par leurs hypothénuses, de manière à former un parallélipipède rectangle. Les deux prismes semblent identiques, mais ils sont taillés différemment dans le cristal : dans l'un des prismes, marqué de points dans la figure 130, l'arête est paral-

lèle à l'axe, tandis que l'autre a été taillé de telle sorte que sa face extérieure soit parallèle à la direction de l'axe cristallographique, indiquée par des hachures.

Calcul de l'angle du prisme biréfringent.

Voici comment on peut calculer l'angle i du prisme, étant donné l'angle du dédoublement qu'on veut obtenir. Le rayon $a\,b$ qui rencontre perpendiculairement la surface antérieure est divisé en deux rayons polarisés à angles droits qui, jusqu'en c, suivent le même chemin, mais avec une vitesse différente.

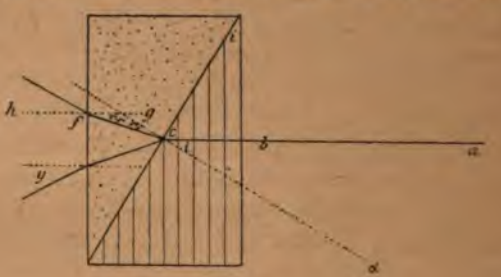


Fig. 130.

Considérons d'abord l'un de ces rayons, l'ordinaire; les molécules oscillent pour ce rayon dans une direction perpendiculaire à l'axe du cristal (et au plan du papier); l'indice du cristal pour ce rayon est 1,548. Arrivé à c, les indices changent; le rayon garde sa direction d'oscillation, mais il devient extraordinaire, la direction de l'axe du cristal étant maintenant parallèle à sa direction d'oscillation. Pour ce rayon, l'indice passe donc de 1,548 à 1,558; il est réfracté vers la normale et continue son chemin suivant la direction $c\,f$. D'après la loi de Descartes, cette direction est déterminée par l'équation

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1{,}558}{1{,}548} \qquad 3)$$

dans laquelle i signifie l'angle d'incidence, r l'angle de réfraction.

Il est à remarquer que l'angle d'incidence i est égal à l'angle du prisme. Arrivé en f, le même rayon sortdu prisme en s'écartant de la normale $g\,h$; l'angle qu'il forme avec cette normale

avant sa réfraction est $i\text{-}r$; si nous appelons x l'angle qu'il forme avec elle après la réfraction, on a :

$$\frac{\sin(i\text{-}r)}{\sin x} = \frac{1}{1{,}558} \qquad 4)$$

Considérons maintenant le deuxième rayon qui devient ordinaire dans le second prisme; on a :

$$\frac{\sin i}{\sin r_1} = \frac{1{,}548}{1{,}558}$$

et désignant par y l'angle de déviation de ce second rayon,

$$\frac{\sin(r_1 - i)}{\sin y} = \frac{1}{1{,}548}$$

$x + y$ est l'angle du dédoublement. Comme x n'est pas très différent de y, on peut approximativement mettre l'angle de dédoublement égal à $2x$. Cela permet de trouver l'angle i du prisme pour le dédoublement désiré. En mettant $r = i - (i - r)$, on tire aisément de l'équation 3) la relation

$$\cos i = \frac{\cos(i - r) - \dfrac{1{,}548}{1{,}558}}{\sin(i - r)}$$

laquelle combinée avec 4) permet de calculer i.

Avec cette valeur approximative de i, on peut, si on le désire, en trouver une expression plus exacte au moyen d'approximations successives. En pratique, une pareille précision est inutile.

Dans l'ophtalmomètre de *Javal* et *Schiötz*, le prisme de *Wollaston* est placé entre deux objectifs achromatiques, ayant chacun une distance focale de 270 millimètres. L'objet se trouve au foyer de la lentille antérieure; l'image, de grandeur égale à l'objet, se forme au foyer de la lentille postérieure. Le prisme est donc traversé par des rayons parallèles. Cette dernière condition est nécessaire pour que l'instrument fonctionne bien; on pourrait bien combiner le prisme avec un seul objectif et éviter ainsi la perte de lumière causée par les réflexions sur les faces de la deuxième lentille, mais un instrument ainsi

construit fonctionne très mal, car il est à peu près impossible de trouver une position, où les deux images du même point soient vues nettement à la fois.

La distance entre les objectifs est de 40 millimètres. Le milieu du prisme se trouve donc à 290 millimètres de l'objet et de l'image. L'image cornéenne qui sert d'objet, ayant une grandeur de $2^{mm},94$, il faut que le prisme dédouble de $2^{mm},94$ à une distance de 290 millimètres; on a donc

$$tg\, x = \frac{1,47}{290}$$

ce qui donne pour x une valeur de $17',30''$ et comme angle du prisme une valeur d'environ 28 degrés.

Avant d'employer l'instrument, il est bon de vérifier le prisme. On examine si le dédoublement est exact en mettant le prisme à sa place dans l'instrument et en observant un micromètre.

Un défaut que les prismes présentent souvent, consiste en ce que les faces extérieures ne sont pas parallèles. Il en résulte un effet prismatique qui fait que les deux images qui se touchent ne restent pas au milieu du champ lorsqu'on fait subir une rotation à l'arc. On peut vérifier le prisme à cet égard en le mettant devant l'œil et en visant un point lumineux éloigné. On voit quatre images, dont deux sont dues à la double réfraction, deux autres à une double réflexion. Ces quatre images doivent se trouver sur une ligne droite et placées symétriquement. — Les vérifications peuvent se faire encore au moyen d'un appareil spécial construit par M. Laurent, qui décèle les moindres erreurs d'angle et de collage.

§ 3. — La lunette de l'ophtalmomètre.

Si nous faisons abstraction du système dédoublant, l'ophtalmomètre est construit comme une lunette astronomique ou un microscope composé : les objectifs donnent une image renversée qu'on regarde au moyen d'un oculaire.

La construction de la lunette rencontre des difficultés spéciales. En effet, les images à observer sont nécessairement assez peu lumineuses, au moins tant qu'on emploie pour mires

des plaques diffusantes (1). La cornée ne renvoie qu'à peu près 2 p. 100 de la lumière qui la frappe, et le dédoublement réduit encore à la moitié la clarté de chaque image ; il faut donc un éclairage aussi fort que possible ; c'est pourquoi l'ophtalmomètre fonctionne beaucoup mieux par les temps clairs ; les mesures qu'on fait l'hiver sont moins bonnes que celles qu'on fait l'été, etc.

Pour remédier à ce défaut, il est désirable d'agrandir l'objectif, car la quantité de lumière entrant dans la lunette dépend évidemment de l'ouverture de l'objectif (2).

Mais si l'on essaie d'agrandir l'objectif, on rencontre bientôt des difficultés dues à l'aberration de sphéricité qui augmente avec une grande rapidité, dès qu'on dépasse une certaine limite. En général, les opticiens n'aiment pas à donner à

(1) Il en serait autrement si les mires étaient lumineuses, ce qui est bien incommode à réaliser, tant qu'on dispose seulement de lampes à pétrole, de becs de gaz, etc. C'est au contraire très facile, quand on peut faire usage de lampes à incandescence.

(2) La chose n'est pourtant pas en réalité aussi simple. Il y a une limite de clarté que les images fournies par un instrument d'optique ne peuvent pas dépasser : c'est la clarté des objets observés ; il faut encore faire abstraction de la perte de lumière par réflexion sur les différentes surfaces, par absorption, etc., perte qui peut devenir assez grande. Dans l'ophtalmomètre de Javal et Schiötz, cette perte est d'environ un tiers de la quantité totale. Mais sous cette déduction, les images peuvent atteindre la même clarté que les objets observés. La clarté des images dépend de la grandeur de l'anneau de *Ramsden*. (On nomme ainsi le petit cercle lumineux, qu'on voit derrière l'oculaire lorsque la lunette est dirigée vers le ciel, cercle qui est l'image de l'objectif formée par l'oculaire.) Tant que le diamètre de cet anneau n'est pas inférieur à celui de la pupille de l'observateur, la clarté de l'image est égale à celle de l'objet. L'anneau de *Ramsden* joue encore un autre rôle dans le fonctionnement de la lunette ; le rapport entre son diamètre et le diamètre de l'objectif détermine le grossissement de la lunette. Si on prend comme moyenne pour la grandeur pupillaire 4 millimètres, il faut aussi que l'anneau de *Ramsden* ait cette grandeur, à moins qu'il y ait des indications spéciales. Si l'anneau est plus grand, une partie de la lumière n'entre pas dans la pupille et est perdue ; si au contraire il est plus petit, l'image perd en clarté. Supposons un instrument dont l'anneau mesure 4 millimètres, et que nous agrandissions son objectif. L'anneau de *Ramsden*, qui est l'image de l'objectif, sera par conséquent agrandi. L'image fournie par la lunette n'en deviendra pas plus lumineuse, mais on aura l'avantage de pouvoir employer un oculaire plus fort, qui diminuera l'anneau de Ramsden jusqu'à la grandeur de 4 millimètres. *On obtient donc par l'agrandissement de l'ouverture de l'objectif un grossissement plus fort sans perte de clarté.* Voyez Helmholtz : « Ueber die Grenzen der Leistungsfahigkeit der Microscopen. » *Wissenschaftliche Abhandlungen* II.

l'objectif une ouverture de plus d'un douzième de la longueur focale ; c'est la règle connue sous le nom de « pied pour pouce ».

Pour pouvoir donner une ouverture plus grande à l'objectif, nous avons employé un principe qui nous a été communiqué par *M. Potier* (1).

Les objectifs achromatiques sont en général composés d'une lentille convexe de crown et d'une lentille concave de flint, collées ensemble avec du baume de Canada qui a un indice très voisin de celui du verre. Les surfaces qu'on colle ensemble ont le même rayon. Étant donnés un certain crown et un cer-

(1) J'ajoute ici le développement des formules de M. Potier, qui nous ont servi pour la construction de nos objectifs.

Nous employons les expressions suivantes :

Rayon externe du crown		R	et $\frac{1}{R} = \delta$
Rayon interne		R_1	et $\frac{1}{R_1} = \delta_1$
Rayon externe du flint		R_2	et $\frac{1}{R_2} = \delta_2$
Distance de la surface antérieure du crown.	à l'objet	p	et $\frac{1}{p} = P$
	à l'image	p_2	et $\frac{1}{p_2} = P_2$
	à l'image qui serait formée par le crown seul.	p_1	et $\frac{1}{p_1} = P_1$

Indice moyen du crown	n
— — du flint	n_1
Dispersion du crown	ν
— du flint	ν_1
Épaisseur de la lentille	h
Moitié de son diamètre	y

La distance focale des lentilles concaves est comptée positive, celle des lentilles convexes, négative. Nous supposons l'objet situé à gauche de la lentille et nous comptons toutes les distances allant de la surface antérieure du crown vers la gauche comme positives, les autres comme négatives. Cette manière de compter les distances est empruntée à *Verdet*. (Conférences de physique, II.)

La condition de la distance focale de l'objectif est alors exprimée par la formule

$$P_2 - P = (n-1)(\delta - \delta_1) + (n_1 - 1)(\delta_1 - \delta_2)$$

et la condition d'achromatisme par

$$\nu(\delta - \delta_1) + \nu_1(\delta_1 - \delta_2) = 0$$

tain flint, on dispose de trois variables qui sont les rayons des trois surfaces. On peut donc poser trois conditions au constructeur ; en général, on n'en pose que deux : l'achromatisme et la distance focale requise. Il reste alors une troisième condition à remplir, ce qui nous permet d'exiger que l'objectif soit aplanétique pour des rayons provenant d'un point situé à une distance donnée. Au lieu de chercher à rendre nulle l'aberration de chaque lentille, ce qui est impossible, on s'arrange pour que l'aberration du crown soit égale et de signe contraire à celle du flint. Les lentilles du dernier modèle de l'ophtalmomètre Javal et Schiötz ont une ouverture d'environ un septième

P, P_2, n et n_1, ν et ν_1, étant donnés, ces formules nous permettent de trouver $\delta - \delta_1$ et $\delta_1 - \delta_2$ et par conséquent les distances focales (f et f_1) ou leurs inverses (F et F_1) des deux lentilles, en se servant des formules connues :

$$F = \frac{1}{f} = (n-1)(\delta - \delta_1) \quad \text{et} \quad F_1 = \frac{1}{f_1} = (n_1 - 1)(\delta_1 - \delta_2)$$

Vient maintenant la question de l'aberration de sphéricité. La formule complète de la lentille de crown serait, d'après Verdet (*l. c.*) :

$$P_1 - P = (n-1)(\delta - \delta_1) - \frac{h}{n}\left(P + (n-1)\delta\right)^2$$
$$+ \frac{n-1}{2n_2} y_2 \left[\left(\delta - (n+1)P\right)(P-\delta)^2 - \left(\delta_1 - (n+1)\underset{o}{P_1}\right)(\underset{o}{P_1} - \delta_1)^2\right]$$

où $\underset{o}{P_1}$ exprime la valeur de P_1 pour des rayons centraux.

Le deuxième terme qui exprime l'influence de l'épaisseur est tellement faible qu'on peut le négliger. Le troisième exprime l'influence de l'aberration de sphéricité ; l'idéal serait de rendre ce facteur nul, ce qui n'est guère possible pour une seule lentille. Posons :

$$A = \frac{n-1}{2n^2}\left[\left(\delta - (n+1)P\right)(P-\delta)^2 - \left(\delta_1 - (n+1)\underset{o}{P_1}\right)(\underset{o}{P_1} - \delta_1)^2\right]$$

On aura également pour la lentille de flint :

$$A_1 = \frac{n_1 - 1}{2n_1^2}\left[\left(\delta_1 - (n_1+1)P_1\right)(P_1 - \delta_1)^2 - \left(\delta_2 - (n_1+1)P_2\right)(P_2 - \delta_2)^2\right]$$

et la condition d'aplanétisme sera :

$$A + A_1 = 0$$

En mettant les valeurs de A et A_1 dans cette équation et en remplaçant

de leur distance focale, beaucoup plus grande que dans le modèle de 1881. On aurait pu aller plus loin si cela n'avait pas démesurément augmenté le prix de l'instrument, à cause de la dimension qu'il faudrait donner au prisme biréfringent.

Les deux objectifs sont pareils, les flints sont tournés vers le prisme, ce qui a l'avantage de mieux protéger leurs surfaces, plus faciles à rayer que celles des crowns.

L'oculaire est l'oculaire ordinaire de Ramsden. La place de l'image qu'on observe à travers cet oculaire est marquée par un réticule fixe. L'image doit se former dans le plan de ce réticule. Chaque observateur doit donc commencer par mettre

$$P \text{ par } P_1 - F, \qquad P_2 \text{ par } P_1 + F_1$$

$$\delta \text{ par } \delta_1 + \frac{F}{n-1} \qquad \delta_2 \text{ par } \delta_1 - \frac{F_1}{n_1 - 1}$$

on obtient par des transformations longues, mais assez simples, l'équation suivante :

$$\delta_1^2 \left(\frac{F}{n}(n+2) + \frac{F_1}{n_1}(n_1+2) \right)$$

$$+ \delta_1 \left(\frac{F\,n}{n-1}(2n+1) - 4P_1(n+1) \right) \frac{F}{n} - \delta_1 \left(\frac{F_1 n_1}{n_1 - 1}(2n_1+1) + 4P_1(n_1+1) \right) \frac{F_1}{n_1}$$

$$+ \frac{F}{n} \left(\frac{F^2 n^2}{(n-1)^2} - \frac{F}{n-1} P_1 n (3n+1) + P_1^2 (3n+2) \right)$$

$$+ \frac{F_1}{n_1} \left(\frac{F_1^2 n_1^3}{(n_1-1)^2} + \frac{F_1}{(n_1-1)} P_1 n_1 (3n_1+1) + P_1^2 (3n_1+2) \right) = 0$$

Cette équation permet de trouver δ_1. On trouve alors δ suivant la formule

$$F = (n-1)(\delta - \delta_1)$$

et δ_2 d'une manière analogue.

Comme l'équation par laquelle on obtient δ_1 est du deuxième degré, on trouve toujours deux valeurs pour δ_1 et par conséquent aussi pour δ et δ_2. Il y a donc deux formes de l'objectif qui remplissent les conditions que nous avons posées; en général, il n'y en a qu'une qu'on puisse employer, l'autre étant plus ou moins fantastique; on trouve quelquefois par exemple une courbure tellement forte que le diamètre qu'on désire donner à l'objectif dépasse le double du rayon. Mais l'une des solutions est généralement praticable.

l'oculaire au point pour les fils. Si on ne le fait pas, on risque que les mesures soient fausses. L'erreur peut être considérable pour la mesure du rayon de courbure; elle est généralement négligeable pour celles de l'astigmatisme. Chaque millimètre de déplacement de l'oculaire correspond à une erreur de mesure d'environ 0,33 D (1).

(1) On peut se rendre compte de la grandeur de cette erreur de la manière suivante :

Soient comme d'habitude O l'objet, I l'image cornéenne, I_1 l'image qu'on observe par l'oculaire et D le dédoublement. Figurons-nous en outre les deux objectifs réunis en un seul situé à 290 millimètres de l'objet et de l'image. Nommons f la distance focale de cet objectif et a la distance de l'objectif (et du prisme qui se trouve au même endroit) au réticule. Supposons enfin l'arc placé à la même distance de l'œil examiné que l'objectif, distance que nous nommerons l.

Il s'agit de déterminer l'influence sur O d'une erreur commise sur a. Pour s'en rendre compte, il est utile d'exprimer O en fonction d'a.

Combinant les formules

$$\frac{O}{I}=\frac{2l}{r},\quad \frac{1}{l}+\frac{1}{a}=\frac{1}{f}\quad\text{et}\quad \frac{I}{I_1}=\frac{l}{a}=\frac{f}{a-f}$$

on trouve

$$O=\frac{af^2}{(a-f)^2\frac{r}{2}}\cdot I_1$$

mais on a

$$I_1=D\quad\text{et}\quad \frac{D}{a}=\frac{2,94}{290}$$

donc

$$O=\frac{2\times 2,94}{290\,r}\cdot\frac{a^2f^2}{(a-f)^2}$$

En différenciant par rapport à a, on trouve, après réductions :

$$\frac{dO}{da}=-\frac{4\times 2,94}{290}\cdot\frac{af^2}{r(a-f)^3}$$

Pour notre instrument, nous avons $a=2f=290$ et $a-f=f$

donc

$$\frac{do}{da}=-\frac{2,94\times 4}{r}=-\frac{11,76}{r}$$

Admettons $r=7,5$. Si l'oculaire est tiré 1 millimètre de trop, c'est-à-dire si $da=1$ millimètre, on a :

$$do=-\frac{11,76}{7,5}=1,57$$

Pour un déplacement de 1 millimètre, on aurait donc sur O une erreur de $1^{mm},57$. La grandeur d'une dioptrie sur l'arc étant, comme nous verrons, égale à celle d'un degré, pour un arc d'un rayon de 290, elle est de $5^{mm},06$. L'erreur est donc, comme nous avons dit, environ d'un tiers de dioptrie.

L'oculaire se meut suivant une hélice ; cette hélice porte une division qui permet à chaque observateur de retrouver facilement sa mise au point. La distance entre deux traits voisins correspond à un déplacement de l'oculaire de 1 millimètre, déplacement qui, lui, correspond à un changement d'environ 3 dioptries de la vue de l'observateur.

La division permet en outre de mesurer la profondeur de la chambre antérieure apparente. Par un déplacement de l'instrument tout en entier, on le met au point pour l'iris. Puis on déplace l'oculaire jusqu'à voir la surface cornéenne. Comme en général, dans notre instrument, l'objet est égal à l'image formée par l'objectif, le déplacement de l'oculaire est égal à la profondeur de la chambre. La même mesure se fait mieux en mettant tout l'instrument au point pour l'iris et en déplaçant l'oculaire jusqu'à voir distinctement les images des mires. Si

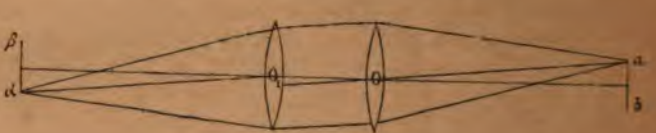


Fig. 131.

on connaît le rayon de la cornée, on peut ainsi déterminer la profondeur de la chambre. La construction de l'instrument ne permet cependant pas de faire cette mesure avec une grande exactitude.

Construction des images.

Le système objectif donne une image renversée qu'on observe au moyen de l'oculaire. Cette image est de même grandeur que l'objet ; l'instrument tient donc le milieu entre un microscope où l'image est plus grande que l'objet et une lunette où elle est plus petite. L'image est assez facile à construire.

Soit O, O (fig. 131) l'axe de l'instrument ; soient *a* et *b* les deux points de l'image cornéenne, dont nous nous servons. Supposons d'abord le prisme enlevé. Pour construire l'image

de a nous traçons la ligne aO à travers le centre O du premier objectif. Ce rayon ne subit pas de réfraction. Comme a se trouve dans le plan focal de l'objectif antérieur, tous les rayons émanés de ce point sont parallèles entre les deux objectifs et par conséquent parallèles à Oa. Je trace celui de ces rayons, $O_1\alpha$, qui passe par le centre optique O_1 du deuxième objectif; l'image de a se forme en α à une distance telle que $O_1\alpha = Oa$.

Plaçons maintenant le prisme entre les deux objectifs.

Entre le premier objectif et le prisme, tous les rayons sont parallèles à Oa (fig. 132). Après avoir traversé le prisme, chaque rayon est divisé en deux. La totalité des rayons forme donc ici deux pinceaux cylindriques, chaque rayon de l'un des pinceaux formant avec un rayon quelconque de l'autre un

Fig. 132.

angle que nous avons nommé $2x$ (voy. p. 585). Un rayon de chaque pinceau passe sans réfraction par O_1; ce sont les deux rayons sur lesquels se forment les deux images α_1 et α_2. Si les deux mires sont placées symétriquement par rapport à l'axe de la lunette, quand on observe le contact, le rayon $O_1\alpha_1$ coïncide avec l'axe de l'instrument. Après avoir traversé le système optique, le cône émanant de a est donc divisé en deux cônes complets qui forment chacun une image et dont l'un a pour axe l'axe de la lunette. On pourrait de la même manière construire les images β_1 et β_2 de b. Au moment du contact, le cône qui forme l'image β_1 coïncide complètement avec celui qui forme α_1.

§ 4. — **Relation entre le rayon de courbure de la cornée et la réfraction cornéenne mesurée en dioptries. — Réglage de l'instrument. — Degré d'exactitude des mesures.**

Revenons maintenant à notre formule $\frac{O}{I} = \frac{2l}{r}$; comme l'image I est égale au dédoublement D, on peut substituer celui-ci à I et on a $r = \frac{2l\,D}{O}$. Le numérateur de cette fraction est constant. Chaque fois qu'on a obtenu le contact, on n'aurait donc qu'à mesurer O, c'est-à-dire la distance entre les bords internes des mires.

On conçoit qu'en laissant une mire fixe et en établissant sur l'arc une division convenable, on pourra lire la grandeur de R directement sur l'arc (1).

Mais, en pratique, il importe beaucoup plus de connaître le pouvoir réfringent de la cornée que son rayon. C'est pourquoi l'arc porte une division indiquant la valeur réfringente de la cornée en dioptries.

Ceci demande une explication.

Soit n l'indice de réfraction de la cornée, ou plutôt de l'humeur aqueuse. La cornée, considérée comme surface réfringente, a deux distances focales principales, l'antérieure, dont la valeur est $\frac{r}{n-1}$ et la postérieure égale à $\frac{n\,r}{n-1}$ qui se comptent toutes les deux à partir de la surface. La différence entre les deux distances focales est r, ce qui revient à dire que la distance entre le foyer postérieur et le centre est égale à celle entre le foyer antérieur et la surface. Si l'on veut comparer l'effet de la cornée à celui d'une lentille placée dans l'air, il faudrait placer cette lentille au centre de la cornée et lui donner une distance focale égale à la distance focale antérieure de la cornée (2).

(1) L'échelle permettant de faire cette lecture est gravée sur la partie de l'arc qui est à droite de l'observateur, en avant de la division en degrés.

(2) Le raisonnement suivant montre également pourquoi on exprime la force réfringente par l'inverse de la distance focale antérieure.

Supposons un œil privé de cristallin dont une cornée astigmate forme

On aurait donc pour cette lentille

$$F = \frac{r}{n-1} = \frac{r}{0{,}3375},$$

si l'on pose $n = 1{,}3375$, chiffre assez probable et qui a été choisi par M. Javal pour obtenir dans le tableau suivant la correspondance exacte des chiffres 7,5 millimètres et 45 dioptries.

Si r est exprimé en millimètres, F l'est aussi. Si l'on veut maintenant exprimer la valeur de la lentille en dioptries dont le nombre serait x, on aurait

$$x = \frac{1^{m}}{F} = \frac{1000^{mm}}{F} = \frac{337{,}5}{r}$$

Le tableau suivant donne le rapport entre le rayon de courbure de la cornée en millimètres et le pouvoir réfringent en dioptries.

Dioptries.	Rayon.	Différence.	Dioptries.	Rayon.	Différence.
50	6,75		44	7,67	
		0,14			0,18
49	6,89		43	7,85	
		0,14			0,19
48	7,03		42	8,04	
		0,15			0,19
47	7,18		41	8,23	
		0,16			0,21
46	7,34		40	8,44	
		0,16			0,21
45	7,5		39	8,65	
		0,17			0,24
44	7,67		38	8,89	

Le pouvoir réfringent de la cornée variant en général entre

la seule surface réfringente. Soient F_1 et F_2 les distances focales antérieure et postérieure dans un des méridiens principaux, et f_1 et f_2 les distances de deux points conjugués à la surface. Pour l'autre méridien principal, employons les lettres grecques correspondantes. Mettons $f_2 = \varphi_2$ égal à la distance de la cornée jusqu'à la rétine; l'astigmatisme s'exprime alors par $\frac{1}{f_1} - \frac{1}{\varphi_1}$. Mais on a

$$\frac{1}{f_1} = \frac{f_2 - F_2}{F_1 f_2} = \frac{f_2 - F_1 . n}{F_1 f_2} = \frac{1}{F_1} - \frac{n}{f_2}$$

$$\text{et } \frac{1}{\varphi_1} = \frac{\varphi_2 - \Phi_2}{\Phi_1 \varphi_2} = \frac{f_2 - n . \Phi_1}{\Phi_1 f_2} = \frac{1}{\Phi_1} - \frac{n}{f_2}$$

$$\text{donc } As = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{\varphi_1} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{\Phi_1}$$

L'astigmatisme est donc égal à la différence entre les inverses des distances focales antérieures.

40 et 47 dioptries, on voit sur le tableau qu'une différence d'une dioptrie correspond habituellement à une différence de rayon inférieure à deux dixièmes de millimètre.

En remplaçant dans notre formule le rayon par le pouvoir réfringent de la cornée, on a

$$\frac{O}{I} = \frac{2l}{r} = \frac{2lx}{337,5}, \text{ ou } O = \frac{2lx\,D}{337,5}$$

Nous avons vu que le choix de D est arbitraire, mais qu'il ne faudrait pas s'éloigner trop de la valeur de 3 millimètres. La valeur choisie est de $2^{mm},94$. On obtient ainsi que la grandeur linéaire sur l'arc, correspondant à une dioptrie, soit précisément égale à un degré; on n'a donc qu'à munir l'arc d'une simple division en degrés. Cette division en degrés est avantageuse à tous égards. Elle permet, par exemple, de prescrire aisément au patient de regarder suivant une direction déterminée par un angle connu.

Voici comment on a été conduit au chiffre 2,94. — Soit y la grandeur linéaire correspondant à une dioptrie, x étant le nombre de dioptries on a

$$O = xy = \frac{2lx\,D}{337,5}, \text{ d'où } y = \frac{2l\,D}{337,5}$$

Si y doit être égal à la grandeur linéaire d'un degré, on a

$$\frac{1}{360} = \frac{y}{2l\pi} \text{ et } y = \frac{2l\pi}{360} = \frac{2lD}{337,5}$$

ce qui donne

$$D = \pi . \frac{337,5}{360} = 2,94$$

Aussi bien qu'un *choix du dédoublement* a permis de s'arranger pour que chaque degré de l'arc de cercle corresponde à une dioptrie, un *choix du rayon de l'arc* a permis de donner à chaque degré de sa division une longueur précise en millimètres, qui est de 6 pour l'instrument de Laurent et de 5 pour le modèle de 1889.

Réglage de l'instrument.

Nous avons dit que l'instrument a besoin d'un réglage, les formules simples n'étant pas assez exactes pour l'ouverture de la cornée, qu'on utilise pour la mensuration.

Ce réglage se fait au moyen d'une sphère étalon en verre ou en acier trempé dont le rayon est exactement de $7^{mm},5$. On place les mires à une distance de 45 degrés l'une de l'autre, et l'on observe la sphère. Si l'instrument est exact, on doit avoir le contact, 45 dioptries correspondant exactement à un rayon de $7,5^{mm}$ (voy. le tableau p. 395). Le constructeur a laissé libre, jusqu'à ce moment, le tube qui fait partie du fragment R de l'instrument (fig. 15, p. 20). Si l'on n'a pas le contact, on déplace ce tube un peu en avant ou en arrière jusqu'à ce que les mires se touchent. Une fois le contact obtenu, le constructeur a fixé définitivement par une vis les deux pièces réunies en R. L'instrument est donc rigoureusement exact, quand on s'en sert pour mesurer une cornée de $7^{mm},5$. Si la cornée est plus grande ou plus petite, il y a une petite erreur, qui n'a pas d'importance.

Exactitude des mesures.

Avec un éclairage favorable, un observateur peu exercé ne commet pas une erreur d'un quart de dioptrie en établissant le contact. La cornée mesurant environ 40 D., l'erreur maxima sera donc environ 1/160. Si l'on mesure le rayon, l'erreur peut atteindre $0,05^{mm}$. La première décimale est donc exacte, la deuxième n'étant pas tout à fait sûre. On fera donc bien d'inscrire la première décimale lorsqu'on mesure la réfraction et la deuxième lorsqu'on mesure le rayon.

C'est une erreur de croire qu'on obtient un résultat bien supérieur avec d'autres instruments. Les mesures de contrôle faites par MM. *Donders* et *Hamer* montrent qu'avec l'ophtalmomètre de *Helmholtz* des observateurs exercés, et travaillant dans des conditions tout à fait favorables, n'obtiennent pas des résultats où l'on puisse compter sur le deuxième décimale du rayon.

§ 5. — Application à la cornée astigmate (par MM. Sulzer et Tscherning).

Nous avons jusqu'à présent supposé la cornée sphérique ou tout au moins de révolution autour de la ligne visuelle. Le plus souvent, cela n'a pas lieu, la cornée est astigmate. Pour nous rendre compte des images catoptriques formées par réflexion sur une surface de ce genre, nous sommes obligés de dire quelques mots de la courbure des surfaces en général, et puis de reprendre la question de la réflexion sur des surfaces sphériques en lui donnant un peu plus de développement que dans ce qui précède.

Quelques points de la théorie de la courbure des surfaces. — Donnons le nom d'axe à la normale en un point O d'une surface quelconque et imaginons un plan passant par la normale et tournant autour d'elle. La courbe d'intersection du plan avec la surface change constamment de forme à mesure que le plan tourne. Toutes ces courbes ont en O des courbures différentes. Il y a une section dont la courbure est maxima, une autre où elle est minima, et la théorie indique que ces deux sections sont perpendiculaires entre elles : ce sont les méridiens principaux.

Supposons maintenant que nous construisions les normales à la surface passant par des points infiniment voisins du point O. Les normales situées dans les méridiens principaux rencontrent l'axe, celles du méridien de courbure maxima en un point plus rapproché de la surface, celles du méridien de courbure minima en un point plus éloigné ; ces points d'intersection sont les deux centres de courbure. Toutes les autres normales ne rencontrent pas l'axe, mais leur direction est déterminée par le théorème de *Sturm*, d'après lequel elles doivent toutes passer par les deux droites focales. Chacune des droites focales est parallèle à la tangente d'une des sections principales et passe par le centre de courbure de l'autre.

Or, d'après les théorèmes de *Malus, Gergonne, Dupin*, etc., après un nombre quelconque de réflexions et de réfractions, les rayons émanés d'un point restent toujours normaux à une surface (la surface d'onde) ; le théorème de Sturm trouve donc son application dans tous les cas de réfraction et de réflexion. Dans le cas tout à fait particulier où l'incidence est perpendi-

culaire et où tous les méridiens ont la même courbure (sphère, pôle des surfaces de révolution, points ombilicaux), les deux lignes focales se rencontrent pour former un foyer (1).

Pour plus de simplicité, nous ferons quelques suppositions sur la forme de la cornée.

Nous admettrons que les deux sections principales du point considéré O soient, l'une horizontale, l'autre verticale, qu'elles peuvent être assimilées à des cercles au moins tant qu'à la partie qui nous concerne, d'une étendue de environ $1^{mm},5$ de chaque côté, et que le méridien vertical a une courbure plus forte que l'horizontal. Nous admettons en outre que les méridiens principaux des points voisins sont également horizontaux et verticaux et que leurs courbures sont les mêmes que que dans le point O. Nous désignons par r le rayon de courbure du méridien horizontal, par r_1 le rayon de courbure du méridien vertical, et nous admettons que le premier est égal au rayon de la cornée sphérique que nous avons considéré jusqu'à présent.

Réflexion sur une surface sphérique (incidence oblique).

Soit L M (fig. 133), une section d'un miroir sphérique convexe,

(1) Depuis quelques années, MM. *Matthiesen*, *Leroy*, *Gullstrand*, etc., ont mené une discussion sur le théorème de *Sturm*. Il résulte de cette discussion, que le théorème, exact pour le cas qui intéresse le plus les oculistes (incidence perpendiculaire à une surface astigmate), s'applique moins bien dans d'autres cas : incidence oblique à des surfaces planes, sphériques ou astigmates, réfraction à travers des prismes, etc. Ces auteurs font remarquer que dans ces cas les droites focales peuvent être remplacées par des lignes ayant une certaine courbure, qu'elles peuvent ne pas être perpendiculaires au rayon axial, ou même faire place à des lieux ayant une certaine épaisseur. Voir surtout le mémoire de *Gullstrand*, qui traite la question d'une manière élégante et très complète (*Nord. medic. Arkiv*, 1890, XXII).

Toutes ces objections sont exactes ; on verra, par exemple, tout à l'heure que la deuxième ligne focale d'un faisceau réfléchi (sous incidence oblique) à une surface sphérique n'est pas perpendiculaire au rayon axial. Néanmoins il me semble qu'il y a des raisons pour garder le théorème dans la forme qu'il a eue jusqu'à présent, car il donne une idée générale, approximative il est vrai, de la nature des choses. Il reste toujours vrai que le faisceau astigmate a ses sections les plus minces aux endroits indiqués par le théorème de Sturm et que, si la forme des sections perpendiculaires au rayon axial en ces endroits n'est pas linéaire, elle s'en approche au moins beaucoup. Il ne faut pas oublier non plus, que même dans les cas où le théorème de Sturm s'applique le mieux, il doit toujours son existence à une approximation.

C son centre, A un point lumineux et O le point d'incidence; l'angle $AOH = i$ est l'angle d'incidence. Le rayon AO est, réfléchi dans la direction OD, et les deux lignes focales qu'exige le théorème de Sturm, doivent se trouver sur son prolongement. Pour trouver la position de la première ligne focale, nous traçons le rayon AQ qui rencontre le point Q, infiniment voisin du point O dans le plan d'incidence; après la réflexion, ce rayon prend la direction QE et son prolongement vient couper celui de OD en F. C'est ici que se forme la première ligne focale perpendiculaire au plan d'incidence. La

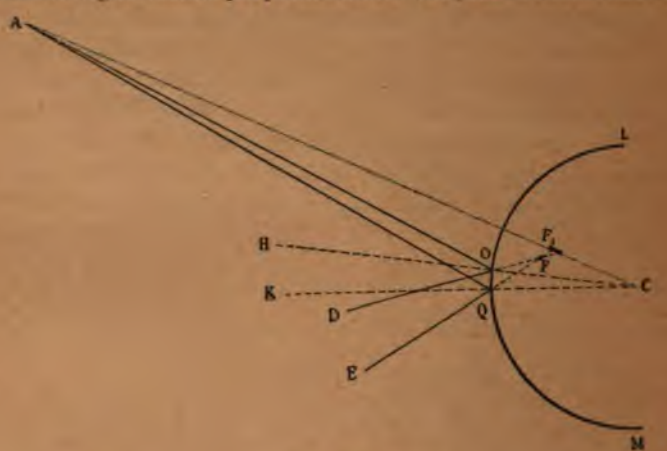


Fig. 133.

deuxième ligne focale, qui est située dans le plan d'incidence, passe par F_1, point où le prolongement de OD vient couper l'axe AC. Considérons en effet un point P, voisin de O, mais dans un plan perpendiculaire au plan du papier, ce qui empêche de le marquer sur la figure. Le rayon AP doit, après la réflexion en P, rester dans le plan passant par AP et par le rayon PC; le prolongement du rayon réfléchi vient donc couper le plan du papier en un point de la ligne AC, et s'il rencontre le prolongement du rayon réfléchi OD, cela doit être en F_1. Cette deuxième ligne focale est situé sur l'axe AC; elle n'est donc pas perpendiculaire à DO, mais on conçoit qu'une section passant par F_1 et perpendiculaire à cette ligne, n'est pas loin d'être linéaire.

Si on désigne par f et f_1 les distances O F et O F_1, par a la distance A O, par r le rayon de la sphère et par i l'angle d'incidence A O H, on a les relations suivantes :

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{f}=\frac{2}{r\cos i} \quad \text{et} \quad \frac{1}{a}+\frac{1}{f_1}=\frac{2\cos i}{r}$$

On voit que la réflexion se fait comme si la courbure était plus forte dans le plan d'incidence. Si ce plan est horizontal, l'astigmatisme est contre la règle; s'il est vertical, l'astigmatisme est conforme à la règle.

Suivant les circonstances, c'est l'une ou l'autre des deux images qu'on emploie. Dans nos observations à l'ophtalmomètre, ce qu'il nous importe le plus à voir distinctement, c'est le bord interne des mires; comme ces lignes sont toujours perpendiculaires au plan d'incidence, ce sera en général l'image F qui servira.

Dans la formule élémentaire, c'est au contraire F_1 qu'on emploie, puisqu'on suppose que l'image de A se trouve sur la ligne A C. Pour la question de la grandeur de l'image d'un objet, peu importe laquelle des deux images est employée, puisqu'elles se couvrent pour un œil qui reçoit le rayon O D (1).

Remarquons en passant, sur la figure, qu'après réflexion, les rayons plus périphériques (A Q) rencontrent l'axe plus près de la surface (aberration de sphéricité).

Réflexion sur une surface astigmate (incidence oblique).

Reprenons maintenant notre surface astigmate. La partie de la figure 134 qui se trouve au-dessus de la ligne R T montre comment la réflexion se fait dans le plan horizontal. La partie qui se trouve au-dessous de cette ligne montre la réflexion comme elle se fait dans le plan vertical. En faisant subir à cette dernière partie une rotation de 90 degrés autour de la ligne R T, elle prendrait sa vraie place.

(1) D'après le théorème de *Lagrange*, la grandeur de l'image ne dépend que de la direction du rayon réfléchi. Suivant ce théorème, le rapport entre l'objet et l'image est égal au rapport entre les angles que le rayon réfléchi et le rayon incident forment avec l'axe, c'est-à-dire dans notre cas, il est égal à

$$\frac{A\,F_1\,D}{C\,A\,O}$$

Examinons d'abord la réflexion dans le plan horizontal. — La réflexion des rayons situés dans ce plan (A O, A Q) se fait absolument comme sur la sphère. La ligne focale verticale F occupe donc toujours la même place. Il n'en est pas de même pour la ligne focale horizontale. Considérons comme tout à l'heure un point P voisin de O, mais situé au-dessus de lui dans un plan vertical. La normale en ce point vient couper O C, non en C, mais plus près de la surface, en C_1. Le rayon A P, après sa réflexion, doit se trouver dans le plan passant par A P et P C_1, son prolongement vient donc couper le plan du papier en un point de la ligne A C_1, et comme il doit rencontrer la ligne O F, ce point sera F'.

La distance des lignes focales à la surface est déterminée par les formules

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{f}=\frac{2}{r\cos i} \quad \text{et} \quad \frac{1}{a}+\frac{1}{f_1}=\frac{2\cos i}{r_1}$$

Si l'on compare les deux figure 133 et 134, on voit que la direction du rayon réfléchi O D est la même dans les deux cas. Comme cette direction seule détermine la grandeur de l'image, nous pouvons conclure que, *quant à la grandeur de l'image la réflexion se fait dans un méridien principal de la même manière que sur une surface sphérique ayant le même rayon.* Nous pouvons donc, pour calculer la grandeur de l'image, employer la même formule que nous avons employée pour la sphère.

La différence entre les deux cas consiste en ce que l'astigmatisme du faisceau réfléchi a changé de sens. L'astigmatisme contraire à la règle produit par l'incidence oblique a été surcorrigé par l'astigmatisme dû à l'asymétrie de la surface réfléchissante. Il est évident qu'on doit pouvoir choisir la surface (ou l'angle d'incidence) de manière à ce que les deux facteurs se compensent et que la réflexion devienne homocentrique. Cela a lieu lorsque les deux foyers coïncident, c'est-à-dire lorsqu'on a $f = f_1$. On voit dans la formule que cela a lieu lorsque

$$\frac{2}{r\cos i}=\frac{2\cos i}{r_1} \quad \text{ou} \quad \cos^2 i=\frac{r_1}{r}$$

En ce cas, une surface astigmate donnerait donc de meil-

leures images (réfléchies) qu'une surface sphérique, bien entendu dans l'un des méridiens principaux seulement; dans l'autre, elles sont pires.

L'angle i est, dans le cas de l'ophtalmomètre, d'environ 10 degrés. Si l'on admet 8 millimètres comme rayon et si l'on suppose la cornée sphérique, l'astigmatisme du faisceau réfléchi serait d'environ 1,3 dioptries.

Tout ce que nous venons de dire s'applique également à la section verticale. Mais les deux facteurs, qui rendent le faisceau

Fig. 134.

réfléchi astigmate, s'ajoutent ici au lieu de se compenser. On voit aussi sur la figure 134 (partie inférieure) que la distance entre les deux lignes focales est plus grande que dans le plan horizontal (1).

(1) Les phénomènes de la réflexion astigmate se voient très bien en observant avec l'ophtalmomètre, et surtout avec un microscope à faible grossissement, l'image d'un point lumineux produite par une cornée naturelle ou artificielle.

Images formées par réflexion sur une surface astigmate.

a. *L'image d'un objet circulaire est une ellipse* (1).

D'après ce qui précède, nous pouvons déterminer la grandeur d'un objet linéaire situé dans le plan d'un méridien principal. Nous pouvons aussi déterminer la position de l'image d'un point quelconque d'un objet en déterminant ses coordonnées dans les méridiens principaux.

Un exemple expliquera ma pensée. Supposons que l'objet ait une forme circulaire (comme le cercle blanc du disque, ou la trace des mires pendant une demi-rotation de l'arc). Si la surface réfléchissante était une sphère, l'image serait un cercle dont le diamètre serait donnée par la formule

$$I = \frac{r\,O}{2\,l}$$

O désignant le diamètre de l'objet circulaire.

Quelle est la forme de l'image réfléchie par la cornée astigmate?

Il est d'abord clair que le diamètre horizontal sera égal à I. Le diamètre vertical au contraire sera

$$I_1 = \frac{r_1\,O}{2\,l},$$

la grandeur l pouvant être considérée comme pareille dans les deux cas.

Prenons maintenant un point quelconque sur la circonférence de l'objet et figurons-nous une perpendiculaire abaissée de ce point sur le diamètre horizontal. Soit O′ cette perpendiculaire, son image réfléchie par la cornée sphérique sera

$$I' = \frac{r\,O'}{2\,l}$$

l'image réfléchie par la cornée astigmate sera au contraire

$$I'_1 = \frac{r_1\,O'}{2\,l}$$

Donc

$$\frac{I'}{I'_1} = \frac{r}{r_1} = \frac{I}{I_1}$$

(1) Si nous disons que l'image est elliptique, il faut l'entendre ainsi que c'est sa projection sur un plan (frontal) qui est elliptique, car l'image n'est pas une figure plane.

L'image circulaire étant donnée, on peut donc construire l'image formée par la cornée astigmate en réduisant dans le rapport $\frac{I_1}{I}$ la distance de chaque point du cercle au diamètre horizontal. On sait que cette construction donne une ellipse dont les axes sont I et I_1.

Pour bien se rendre compte de la nature des images astigmates, on peut avec avantage étudier les images produites par réfraction à travers des lentilles sphérocylindriques. — On peut, par exemple, employer la figure circulaire étoilée, qui nous sert pour examiner nos astigmates, et une combinaison sphérocylindrique de +6 sphérique avec +3 cylindrique. Même en rendant la figure lumineuse, on essaiera en vain d'en former une image réelle sur un écran. Tout ce qu'on peut obtenir est une image distincte du diamètre parallèle à l'axe du cylindre et, dans une autre position de l'écran, l'image du diamètre, qui est perpendiculaire. Il en va de même si on essaye d'observer l'image par un microscope à faible grossissement. Si au contraire on regarde la figure étoilée à travers la lentille sphérocylindrique en la tenant assez éloignée de l'œil, on observe une image réelle assez nette de toute la figure. Cette image montre les mêmes déformations que les images réfléchies par la cornée astigmate. Si elle est vue distinctement, cela tient à ce que l'œil peut accommoder pour différentes distances, mais surtout à ce que la pupille de l'œil observateur fait diaphragme. — Par ce moyen, on peut se rendre compte de tous les phénomènes de dénivellation.

b. *L'image d'une droite perpendiculaire à la normale en O est une droite, qui forme un certain angle avec le plan passant par l'objet et la normale.*

Dans la figure 135 (p. 607), le cercle ACBD représente l'image de l'objet circulaire formée par réflexion sur une surface sphérique et la droite HOG l'image d'un de ses diamètres. L'ellipse AEBF montre la forme que l'image prend sur une surface astigmate. Par la transformation du cercle en ellipse, le point O reste à sa place, tandis que H descend jusqu'à K.

On voit donc que le diamètre HOG prend la place de KOL formant avec sa première position un angle HOK, que nous nommerons l'*angle de dénivellation* (on verra tout à l'heure

pourquoi) et que nous désignerons par ω. Désignons en outre par a l'angle K O A, et par α l'angle H O A, ω est donc égal à $\alpha - a$. A B est, comme avant, désigné par I, E F par I_1 et K L par I_2.

D'après la formule du rayon vecteur de l'ellipse, la grandeur de l'image K L est exprimée par

$$I_2 = \frac{I_1 I}{\sqrt{I^2 \cos^2\alpha + I_1^2 \sin^2\alpha}}$$

Cherchons maintenant la grandeur de l'angle ω. On a

$$H P = O P \, tg\,\alpha$$
$$K P = O P \, tg\,a$$

d'où

$$\frac{tg\,a}{tg\,\alpha} = \frac{K P}{H P} = \frac{I_1}{I}$$

ou

$$tg\,a = \frac{I_1}{I} tg\,\alpha$$

et

$$tg\,\omega = tg\,(\alpha - a) = tg\,\alpha \frac{I - I_1}{I + I_1 tg^2\alpha}$$

En égalant la dérivée à zéro, on trouve que l'angle ω a son maximum lorsque

$$tg\,\alpha = \sqrt{\frac{I}{I_1}}$$

ce qui donne

$$tg\,\omega = \frac{1}{2} \frac{I - I_1}{\sqrt{I I_1}}$$

Il est facile à calculer que cette valeur de ω donne pour $\alpha - \frac{\omega}{2}$ la valeur de 45 degrés. *L'angle de dénivellation est donc maximum au moment où l'objet et l'image sont symétriques par rapport au méridien à 45 degrés.*

Dénivellation.

Le lecteur aura déjà remarqué que l'arc de l'ophtalmomètre joue le rôle attribué jusqu'ici au diamètre de l'objet

circulaire. — Comme nous avons déjà dit, le prisme biréfringent est placé de manière à produire le dédoublement dans une direction exactement parallèle à celle de l'arc. Si celui-ci se trouve dans un méridien principal, où il est parallèle à son image, le dédoublement ne produit pas de dénivellation. Si au contraire l'arc se trouve dans une position intermédiaire, le dédoublement ne se fera plus dans la direction de l'image, et les deux images des mires qui produisent le contact ne sont plus à la même hauteur.

Un coup d'œil sur la figure 135 expliquera le phénomène mieux que de longues phrases. K_1 et L_1 représentent les images

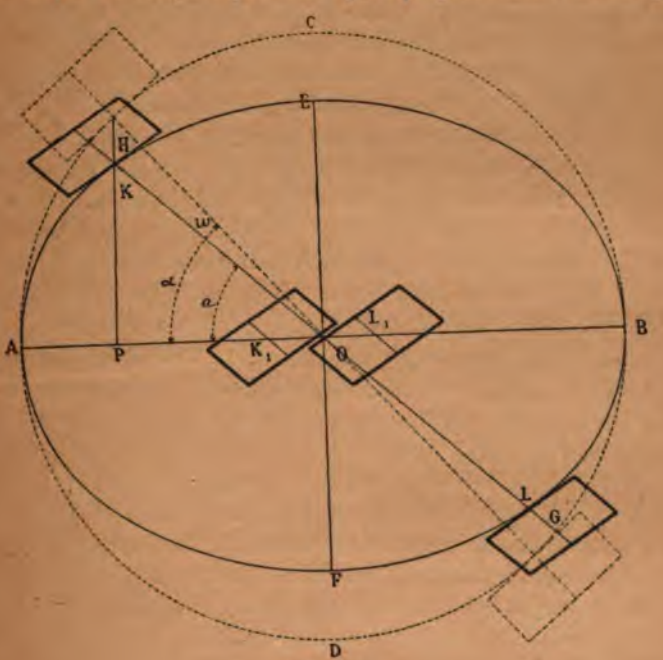


Fig. 135.

dédoublées de K et L qui sont déplacées vers le milieu du champ, la distance $K_1 L_1$ représente la grandeur de dénivellation. Comme on voit, cette grandeur dépend uniquement de l'angle ω.

Si l'astigmatisme atteint un certain degré, on s'aperçoit facilement de la déformation des mires qui est visible aussi sur la

méridiens successivement, l'erreur se trouve en général éliminée lors de la soustraction. Si, au contraire, on mesure l'astigmatisme par l'empiétement des mires, il n'est pas probable que l'erreur qu'on commette soit la même que celle qu'on fait en obtenant le contact. On fera donc bien, en faisant ses premières mesures d'astigmatisme, d'opérer successivement des deux manières indiquées, pour s'assurer que les résultats concordent. L'exactitude de la détermination de l'astigmatisme est la même que celle du rayon, c'est-à-dire qu'on ne commettra pas habituellement une erreur plus grande qu'un quart de dioptrie. — L'exactitude avec laquelle on détermine la direction des méridiens principaux dépend du degré d'astigmatisme, la dénivellation étant en rapport direct avec celui-ci. En général, on ne commettra pas une erreur plus grande que 5 degrés si l'astigmatisme dépasse une dioptrie.

§ 6. — Conséquences à tirer des mesures ophtalmométriques.

Dans le premier paragraphe de ce mémoire, nous avons vu que l'ophtalmomètre nous donne des renseignements sur une partie annulaire de la cornée, située tout autour de la ligne visuelle à une distance d'environ $1^{mm},2$ (1).

Nous désirons, dans ce dernier paragraphe, examiner jusqu'à quel point nous pouvons, de ces mesures, tirer des conclusions sur la réfraction de la cornée. Mais il est nécessaire de dire d'abord quelques mots de l'aberration dite de sphéricité et particulièrement sur l'aberration de sphéricité de

(1) En général, on fait les mesures en demandant à l'observé de regarder le milieu de l'objectif. Nous supposons que dans ce cas la ligne visuelle coïncide avec l'axe de l'ophtalmomètre; cela n'a pas toujours lieu. Si la cornée a une forme régulière, si les mires sont placées symétriquement et si on a soin que les images qui forment le contact se trouvent bien au milieu du champ, on peut admettre que l'axe de l'ophtalmomètre est normal à la cornée. La ligne visuelle n'est pas toujours normale à la cornée, quoique, en général, elle ne semble pas très éloignée de cette position. Si elle est normale à la cornée, elle coïncide avec l'axe de l'ophtalmomètre. Si elle ne l'est pas, ces deux droites forment entre elles un angle dont le sommet se trouve au milieu de l'objectif. En général, cet angle est très aigu, ce qui permet de le négliger, comme nous avons fait. C'est seulement dans le cas où on voudrait faire des mesures de l'angle α, qu'il serait bon de ne pas négliger cette circonstance.

l'œil, cette aberration ayant une certaine importance pour la question que nous nous proposons de résoudre.

Aberration de sphéricité d'une surface réfringente.

Supposons une surface sphérique séparant deux milieux dont celui du côté concave est le plus dense. Des rayons, émanant d'un point situé sur l'axe de cette surface, viennent rencontrer le côté convexe de la surface. Après réfraction, ces rayons viennent rencontrer l'axe, mais ils ne le rencontrent pas tous au même point. Si on se figure la surface divisée en zones concentriques, les rayons appartenant à une même zone se rencontrent en un point sur l'axe, mais ce point est situé différemment pour les différentes zones. Plus la zone est périphérique, plus son foyer est près de la surface. On peut donc dire que les zones périphériques ont une réfraction plus forte que les zones centrales et on nomme *aberration de sphéricité*, la différence de réfraction entre la partie centrale et la partie périphérique.

L'expression de l'aberration de sphéricité d'une surface réfringente est d'après *Verdet* (Conférences de physique, t. II, p. 873) :

$$A = \frac{n-1}{2n^2} y^2 \left(\frac{1}{\delta} - P(n+1)\right)\left(P - \frac{1}{\delta}\right)^2 \qquad 1)$$

dans laquelle les lettres ont la signification indiquée page 588.

Si les rayons incidents sont parallèles, on a $P = n$ et

$$A = \frac{n-1}{2n^2} y^2 \delta^3 \qquad 2)$$

On voit que l'aberration de sphéricité augmente en raison directe du carré de la distance du point d'incidence à l'axe, et en raison inverse du cube du rayon.

Nous avons dit, page 595, que nous nommons *réfraction* d'une surface réfringente l'inverse de la distance focale antérieure, multipliée par 10^2.

Désignons par

F_0 la distance focale antérieure de la partie centrale,

F — — — d'une zone périphérique située à la distance y de l'axe,

et par R_0 et R la réfraction correspondante.

On a alors

$$R_o = \frac{10^3}{F_o} \text{ et } R = \frac{10^3}{F}$$

et par conséquent

$$\frac{1}{F_o} = \frac{R_o}{10^3} \text{ et } \frac{1}{F} = \frac{R}{10^3}$$

comme en outre

$$\frac{1}{F_o} = (n-1)\,\delta,$$

on a

$$\delta = \frac{1}{F_o(n-1)} = \frac{R_o}{(n-1)10^3}$$

Suivant la formule 2), on a pour des rayons incidents parallèles :

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_o} + \frac{n-1}{2n^2} y^2 \delta^2$$

$$= \frac{1}{F_o} + \frac{1}{F_o} \cdot \frac{y^2 \delta^2}{2n^2}$$

$$= \frac{1}{F_o}\left(1 + \frac{y^2 \delta^2}{2n^2}\right)$$

$$\frac{R}{10^3} = \frac{R_o}{10^3}\left(1 + \frac{y^2 \delta^2}{2n^2}\right)$$

$$R_o\left(1 + \frac{y^2 R_o^2}{2n^2(n-1)^2 \cdot 10^6}\right) \qquad 3)$$

Cette formule nous permet de calculer la réfraction périphérique pour un point quelconque de la surface, la réfraction axiale étant donnée.

Aberration de sphéricité de l'œil.

Pour la formation de bonnes images, il faut autant que possible que les rayons émanés d'un point se réunissent aussi en un même point. L'aberration de sphéricité est donc nuisible. Aussi les opticiens tâchent-ils de la réduire autant que possible en diaphragmant leurs objectifs. Il est rare qu'ils leur donnent une ouverture de plus d'un douzième ou d'un dizième de la distance focale. L'ouverture pupillaire atteint et dépasse souvent un sixième de la distance focale de l'œil. Il faudrait

donc s'attendre à rencontrer une aberration assez forte, s'il n'y avait pas des facteurs qui la diminuent.

Il y a d'abord l'aplatissement de la cornée vers la périphérie. Il est clair que l'aberration est moindre pour une surface dont le rayon augmente vers la périphérie, et on peut même pousser l'aplatissement vers la périphérie jusqu'à un tel degré, que l'aberration devienne nulle (systèmes *aplanétiques*) ou même négative, de façon que les bords deviennent moins réfringents que le centre. Comme *Descartes* l'a montré, le calcul indique qu'un ellipsoïde de révolution est aplanétique pour des rayons parallèles, lorsque le rapport du grand axe à la distance entre les foyers (l'inverse de l'excentricité) est égal à l'indice de réfraction. L'indice étant dans notre cas 1,3375, l'excentricité de l'ellipse génératrice de la surface devait donc être $\frac{1}{1,3375} = 0,75$.

Quoique l'aplatissement de la cornée semble varier considérablement, on n'a jamais, autant que je sache, trouvé une cornée, pour laquelle il atteignit ce degré. La moyenne pour les seize yeux mesurés par *Senff*, *Helmholtz* et *Knapp* était 1,52. L'aberration de sphéricité de la cornée est donc assez loin d'être corrigée, au moins pour des rayons incidents parallèles.

La question est autre, si l'on considère l'ensemble des milieux réfringents de l'œil. Il y a deux raisons qui contribuent à diminuer l'aberration de sphéricité du cristallin: d'un côté, les parties périphériques ont un indice plus faible que le milieu; d'un autre côté, les surfaces, au moins la surface antérieure, sont aplaties vers la périphérie d'une manière beaucoup plus considérable que celle de la cornée. Lorsqu'on examine l'image catoptrique de la surface antérieure, la pupille étant dilatée, on voit cette image s'agrandir aussitôt qu'on dépasse la limite d'une pupille moyenne, et cela d'une telle quantité qu'on ne voit quelque chose d'analogue que tout à fait vers les bords de la cornée.

Il est donc probable que l'aberration de sphéricité du cristallin est non seulement corrigée, mais même surcorrigée, de manière à pouvoir corriger ou surcorriger l'aberration cornéenne. Le seul observateur qui ait fait, à ma connaissance,

des expériences pour déterminer si l'aberration de sphéricité de l'œil humain est corrigée, est *Volkmann;* il employait une méthode, déjà indiquée en principe par *Th. Young* (1).

Volkmann trouva, à son grand étonnement, des yeux où l'aberration était corrigée ou surcorrigée et d'autres où elle persistait encore. Il est à remarquer que cela n'indique pas nécessairement une différence de construction de ces yeux; cela *peut* simplement dépendre d'une ouverture pupillaire différente. Rien ne prouve en effet que toutes les zones se comportent de la même manière; il peut se faire que les parties centrales ne soient pas entièrement corrigées, les parties périphériques étant au contraire surcorrigées.

Influence de l'aberration de sphéricité sur l'astigmatisme. — Les mesures ophtalmométriques concordent-elles avec la vraie réfraction cornéenne ?

Supposons maintenant la cornée astigmate, les deux méridiens principaux étant circulaires. La réfraction doit augmenter vers la périphérie aussi bien dans un méridien que dans l'autre, mais comme cette augmentation se fait en raison inverse du cube du rayon, elle sera plus forte dans le méridien le plus réfringent que dans le méridien le moins réfringent. L'astigmatisme doit donc augmenter vers la périphérie (2).

Prenons un exemple concret. Supposons un rayon de 8 millimètres pour le méridien horizontal et de 7 millimètres pour le méridien vertical. Le petit tableau suivant montre comment la force réfringente des deux méridiens augmente vers la

(1) La méthode est décrite dans l'article « Sehen » de *Volkmann*, dans *Wagner*: Handwörterbuch der Physiologie, et en résumé dans l'*Optique physiologique* de Helmholtz (page 201 de la traduction française). L'œil de Young semble avoir été dépourvu d'aberration. Mon œil droit n'est pas complètement corrigé, l'aberration existe aussi lorsque la pupille est dilatée. Les quelques autres personnes que j'ai examinées avaient également de l'aberration de sphéricité. — L'optomètre du docteur *Bull* est très commode pour les expériences sur ce sujet. On n'a qu'à appliquer devant l'œil/eton un morceau de carton percé de quatre trous.

(2) Une cornée dont le sommet était dépourvue d'astigmatisme pourrait même de cette manière donner lieu à une réfraction astigmate, si l'aplatissement vers la périphérie était différent dans les méridiens différents. Quelques mesures, exécutées par M. le Dr Sulzer, au laboratoire d'ophtalmologie à la Sorbonne, semblent montrer que c'est ce qui a lieu pour certains yeux.

pondant au sommet et celui correspondant aux limites de la pupille. Encore est-il plus probable qu'il choisirait une valeur dans les environs du dernier, car si l'on divise la cornée en zones concentriques de même largeur, il entre beaucoup plus de lumière par les zones périphériques que par les zones centrales ; mais on voit au moins que si le malade hésite, il a bien raison de le faire.

Comme nous avons supposé les méridiens principaux sphériques, l'ophtalmomètre indique exactement le rayon, c'est-à-dire la réfraction du sommet.

L'astigmatisme indiqué par l'ophtalmomètre est donc inférieur à l'astigmatisme subjectif, mais d'une petite quantité, de façon que la différence ne peut devenir sensible que dans les forts degrés.

Ces raisonnements expliquent donc :

1° L'hésitation que montre le malade vis-à-vis de verres cylindriques voisins l'un de l'autre ;

2° Le fait observé par M. *Javal* et confirmé par M. *Chibret* que, dans les forts degrés, l'astigmatisme subjectif est généralement supérieur à celui indiqué par l'ophtalmomètre.

On pourrait maintenant faire l'objection que si la cornée est aplatie vers la périphérie, cela diminuerait cette différence. Cela est vrai, mais il y a une autre raison pour que l'ophtalmomètre, dans un tel cas, donne un chiffre trop faible.

Prenons de nouveau un exemple concret et supposons que la cornée ait la forme d'une ellipsoïde à trois axes inégaux et que la ligne visuelle coïncide avec l'axe le plus grand. Je suppose que les rayons au sommet soient comme tout à l'heure de 8 et de 7^{mm}, et par conséquent l'astigmatisme au sommet de 6 dioptries. Je suppose en outre que le demi grand axe soit de 10^{mm} (1). Quels chiffres l'ophtalmomètre donnerait-il pour une telle cornée?

D'après ce que nous avons vu § 1, page 577, l'ophtalmomètre mesure la *normale* de l'ellipse au point utilisé. Cette normale est toujours plus grande que le rayon au sommet.

(1) Ce chiffre est emprunté à un des yeux mesurés par Helmholtz.

Si N est la normale, ρ le rayon de courbure du sommet et a le demi grand axe, on a

$$N^2 = \rho^2 + y^2 \left(1 - \frac{\rho}{a}\right)$$

N est donc toujours plus grand que ρ.

Dans notre cas, l'ophtalmomètre donnerait pour le méridien horizontal $8^{mm},03$ (42,04 D) et pour le méridien vertical $7^{mm},05$ (47,87 D); il indiquerait donc un astigmatisme de $5^{mm},83$ dioptries.

Le petit tableau suivant donne la réfraction des différentes parties de la cornée elliptique, calculée d'après la formule

$$R = \frac{10^7}{F} = \frac{\sin(i-b)}{\sin b} \cdot \frac{10^5}{N}, \text{ (voyez page 611).}$$

Ouverture pupillaire.	0mm	3mm	5mm	7mm
Réfraction du méridien horizontal.	42,19	42,60	43,36	44,60
Réfraction du méridien vertical. .	48,20	48,74	49,65	51,18
Astigmatisme.	6,01	6,14	6,29	6,58

L'astigmatisme serait donc sûrement plus grand que le degré indiqué par l'ophtalmomètre, mais d'une quantité plus faible que dans le cas précédent.

Comment l'aberration de sphéricité peut faire croire à un spasme accommodatif.

Résumons ce que nous avons dit sur l'aberration de sphéricité de l'œil. — L'aberration de la cornée est en général assez loin d'être corrigée par l'aplatissement vers la périphérie de cette membrane, au moins pour des rayons incidents parallèles. Au contraire, l'aberration totale de l'œil est quelquefois surcorrigée; dans d'autres cas, elle n'est pas corrigée complètement. Cette correction se fait par le cristallin, d'une part par l'aplatissement de ses surfaces; d'autre part par la diminution de son indice de réfraction vers la périphérie. Si la cornée est astigmate, l'aberration a pour effet d'augmenter l'astigmatisme vers la périphérie. Cette augmentation ne peut pas être corrigée ici par l'aplatissement de la cornée vers la périphérie, ni par le cristallin supposé sphérique (1).

(1) En admettant pour la cornée la forme d'une ellipsoïde à trois axes inégaux, on peut bien se figurer l'aberration corrigée dans l'un des méri-

Comme, en général, on a admis, sans preuve, que l'œil est aplanétique, on a émis toutes sortes d'hypothèses pour expliquer des phénomènes qui, au moins pour une partie, trouvent leur explication dans l'aberration de sphéricité. Le plus souvent on les a attribués au cristallin qui, étant l'organe le plus difficile à examiner, est plus mal en posture de se défendre.

On a souvent cru obtenir des renseignements plus sûrs, sur la réfraction de l'œil, lorsqu'on examinait après avoir instillé de l'atropine. Il n'en est rien (1). La dilatation de la pupille fait entrer en jeu des parties des milieux réfringents qui, dans les circonstances ordinaires, ne jouent aucun rôle, et, pour peu que la dilatation soit considérable, il entre une quantité de lumière beaucoup plus grande par les parties nouvelles que par l'ancienne pupille, de façon que les réponses du malade, aussi bien que les résultats des examens objectifs, dépendront surtout de cette lumière insolite.

C'est ainsi que *Donders* a parlé du tonus du muscle ciliaire, et que d'autres ont invoqué le spasme de l'accommodation pour expliquer pourquoi, même chez les emmétropes et les myopes, la réfraction diminue un peu après l'instillation de l'atropine. L'explication est probablement, dans beaucoup de cas, à chercher dans une surcorrection de l'aberration de sphéricité. Des observateurs minutieux, *Javal* entre autres, ont aussi trouvé des cas où la réfraction augmentait un peu après l'instillation de l'atropine. Pourtant il n'est pas nécessaire de supposer une différence de construction de ces deux formes d'yeux. Si la dilatation pupillaire par l'atropine était moins complète dans un cas que dans un autre, cela pourrait expliquer la différence; si, par exemple, une zone dont l'aberration n'était pas complètement corrigée, était suivie par une autre plus périphérique où elle était surcorrigée. Les parties tout à fait périphériques sont en effet souvent relativement plus aplaties que le reste (Aubert).

Plus tard, Dobrowolski créa l'hypothèse de l'astigmatisme

diens principaux, ce qui aurait lieu lorsque l'excentricité serait égale à l'inverse de l'indice de réfraction, mais les deux méridiens ne peuvent être corrigés en même temps, puisque l'excentricité n'est pas la même.

(1) Je fais ici abstraction des cas dans lesquels il y a une hypermétropie latente.

dynamique du cristallin, pour expliquer pourquoi, dans un certain nombre de cas, l'astigmatisme augmentait un peu après l'installation de l'atropine. D'après ce que nous avons vu, une telle augmentation est une conséquence nécessaire de ce fait que l'aberration de sphéricité de la cornée n'est pas corrigée. Il ne faudrait donc jamais baser un diagnostic de spasme d'accommodation sphérique ou astigmatique sur un changement de réfraction ou d'astigmatisme, survenue après l'instillation d'atropine, à moins de s'être assuré, au moyen de diaphragmes placés convenablement, que ce sont bien les mêmes parties des milieux réfringents, dont on mesure la réfraction dans l'un et dans l'autre cas.

XLVI

HISTORIQUE ET BIBLIOGRAPHIE

Par SCHIÖTZ

(*Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, *1881*.)

I

Le but de l'ophtalmométrie est la mensuration des milieux réfringents qui constituent l'œil humain; il faut y joindre la détermination des indices de réfraction de ces milieux. Cette étude est intéressante à plusieurs égards. En effet, elle est pour ainsi dire la première base de l'optique physiologique : sans elle, il est impossible d'étudier l'optique de l'œil, et d'autre part les récents progrès de l'ophtalmométrie paraissent conduire à des applications cliniques quotidiennes, quant à la mesure de l'astigmatisme et particulièrement quant au choix de lunettes cylindriques pour les opérés de cataracte.

Ce n'est pas ici le lieu d'exposer les calculs assez ardus qui ont servi d'instrument aux créateurs de l'ophtalmométrie moderne, ni de décrire en détail des instruments que la plupart des ophtalmologistes ne connaissent que de réputation; nous devons nous borner à un rapide historique de la question, dont la conclusion sera l'indication des instruments qui doivent entrer dans la pratique quotidienne de toute clinique ophtalmométrique sérieuse.

I. Petit est un des premiers observateurs qui aient fait des mensurations de l'œil humain dans un but scientifique. Malgré l'imperfection des moyens dont il disposait, il a obtenu des résultats qui sont à peu près d'accord avec ceux fournis, dans les derniers temps, par les méthodes les plus exactes. Le but principal de ses recherches était de déterminer la profondeur de la chambre postérieure, c'est-à-dire de l'espace compris entre le plan pupillaire et le cristallin. Cette question paraissait présenter un intérêt spécial à cette époque,

pour l'explication de la production de la cataracte; mais il a étudié aussi et déterminé avec la plus grande exactitude les autres constantes de l'œil. Il se servait pour cela des yeux de l'homme et de ceux de quelques espèces d'animaux, énucléés avec soin et ensuite congelés. Avant lui, on n'employait pour les mensurations de l'œil que le compas et l'échelle divisée. Mais Petit construisit pour cet usage un appareil spécial qui est le premier ophtalmomètre. Cet instrument était très simple : il se composait de deux montants verticaux de cuivre, unis en haut par une pièce transversale au milieu de laquelle s'élevait une tige divisée en lignes et mobile dans la direction verticale; les fractions de lignes étaient déterminées par une échelle mobile et divisée en douzièmes de ligne. Le globe oculaire en expérience était placé dans une capsule évidée portée sur un trépied et située sous la tige divisée; son pôle inférieur touchait l'extrémité d'un cône placé au-dessous de lui. On pouvait ainsi mesurer la distance entre la pointe du cône et le pôle supérieur de l'œil, en d'autres termes, son diamètre antéro-postérieur, et apprécier ensuite la diminution qui résulterait de l'ablation successive des diverses parties dont il s'agissait de connaître l'épaisseur.

Pour la détermination du rayon de courbure de la cornée, il employait des lames de cuivre dans lesquelles il découpait des segments de cercles de différents rayons. Ceux des segments qui, appliqués sur la cornée, s'y adaptaient le plus exactement, donnaient par cela même le rayon de la cornée. C'est ainsi que Petit montrait que la cornée n'est pas un segment de sphère, mais est aplatie vers le bord scléral.

Presque un siècle s'écoula sans que rien d'important se fût produit dans l'intérêt de l'ophtalmométrie. Il faut arriver tout de suite à Th. Young, dont les recherches furent faites sur des yeux vivants, c'est-à-dire sur les siens propres; il en sera question tout à l'heure.

C. Krause revint aux yeux morts. Il les partageait en deux moitiés symétriques et les mettait dans une capsule contenant une solution de blanc d'œuf, de manière que la surface de section affleurât la surface du liquide; il mesurait les dimensions des segments de l'œil visible à la surface de section, tantôt avec le compas, tantôt avec un micromètre de verre placé dans l'oculaire d'un microscope à faible grossissement, tantôt avec un réseau de carrés en fils métalliques qu'il plaçait à la surface du liquide. Après C. Krause, Jäger est le seul qui ait pris des mesures de quelque importance sur les yeux morts.

Ces mensurations prises sur des yeux morts, quoique exactement exécutées, n'ont pas la même importance que les mensurations sur les yeux vivants, parce que, pour un organe délicat comme l'œil, et pour des grandeurs si petites, les changements amenés par la mort même et surtout par l'énucléation du globe sont relativement considérables.

II. Les premières expériences ophtalmométriques sur l'œil vivant ont été faites par Ev. Home et Ramsden au moyen du microscope, partie en examinant la courbure de la cornée de profil, partie en observant les images réfléchies de la cornée, afin de savoir si la cornée changerait sa courbure dans l'acte d'accommodation. Mais les premières mensurations vraiment exactes exécutées sur l'œil vivant ne furent prises que quelques années après par Th. Young

qui opéra, comme il a été déjà dit, sur ses propres yeux. Voici comment il déterminait le rayon de courbure de la cornée : il mesurait premièrement, avec un compas, le diamètre de la membrane; puis, au moyen d'un miroir placé devant lui entre les yeux, regardait avec un œil le profil de l'autre et déterminait la hauteur de la cornée au moyen d'une échelle graduée tenue dans une position telle que son image était aperçue dans le miroir derrière l'image de l'œil. Connaissant le diamètre et la hauteur de la cornée, il calculait le rayon en considérant la cornée comme une partie de sphère. Il détermina aussi l'excentricité de la cornée par rapport à sa ligne visuelle. Examinant son œil sous l'eau, il découvrit que la cornée ne prenait pas part à l'accommodation, comme l'avaient cru les prédécesseurs, Home et Ramsden. Quant à la longueur de l'œil, il employa pour la mesurer un compas à pointes mousses, dont il parvint à appliquer les extrémités simultanément sur le sommet de la cornée et au pôle postérieur de l'œil; pour exécuter cette remarquable expérience, il tournait fortement en dedans son œil dont la saillie était considérable, et il se servait du phosphène pour s'assurer d'avoir bien posé la pointe postérieure du compas sur le pôle postérieur de l'œil.

Les admirables expériences de Th. Young étaient depuis longtemps tombées dans l'oubli quand Kohlrausch publia, en 1839, sa méthode dont le principe sert encore de base aux observations ophtalmométriques; cette méthode consiste à déterminer la grandeur d'une image réfléchie par la cornée. Connaissant la distance de l'objet, sa grandeur et la grandeur de l'image, on peut facilement, d'après la formule des miroirs sphériques, calculer le rayon. Dans une lunette astronomique, Kohlrausch plaçait au foyer de l'oculaire deux fils d'araignée tendus parallèlement, et qu'on pouvait, par un mouvement de vis, rapprocher l'un de l'autre sans altérer leur parallélisme. Il amenait les deux fils à coïncider exactement avec les images cornéennes de deux flammes posées de chaque côté de la lunette et dans le même plan horizontal, puis au moyen d'une échelle graduée substituée à l'œil, il appréciait la distance des images réfléchies. Il ne détermina ainsi que le rayon de courbure de la cornée.

Senff, en 1846, se servit à peu près de la même méthode, mais au lieu des flammes il fit usage de deux bandes de papier fixées sur la fenêtre. Admettant que la cornée fût elliptique, après avoir mesuré le rayon dans les points différents d'un même méridien, il calcula l'axe et l'excentricité de ce méridien.

Pour examiner les changements produits dans l'œil par l'accommodation, Cramer (1853) observa les images dites de Sanson ou mieux de Purkinje avec une lunette, et arriva à ce résultat que l'accommodation était due uniquement aux changements de courbure et de position de la surface antérieure du cristallin.

En 1854, parut dans l'*Archiv für Ophthalmologie* l'article de M. Helmholtz, *Ueber die Accommodation des Auges*, où il fait la description de son ophtalmomètre et publie le résultat de ses recherches exécutées à l'aide de cet instrument. C'est à cette époque que commence une nouvelle ère pour l'ophtalmométrie. L'instrument consiste essentiellement en une lunette disposée pour voir à de petites distances et devant l'objectif de laquelle sont placées verticalement, l'une au-dessus de l'autre, deux lames de verre à faces

planes et parallèles; la lame supérieure correspond à la moitié supérieure, la lame inférieure à la moitié inférieure de l'objectif. Quand les deux lames sont dans le même plan, on ne voit qu'une seule image de l'objet, mais, si l'on fait tourner un peu les deux lames en sens inverse, les rayons émanés de l'objet qui passent par la lame supérieure sont déviés d'un côté, ceux qui passent par la lame inférieure, le sont de l'autre; on voit alors deux images dont l'écartement augmente avec l'angle que les lames forment entre elles. Si l'on amène au contact les extrémités des doubles images d'une ligne à mesurer, la longueur de cette ligne est égale à l'écartement de ses doubles images. Mais on peut calculer cet écartement au moyen de l'angle formé par les lames avec l'axe de la lunette. Pour éviter un long calcul, on peut prendre comme objet une échelle divisée en dixièmes de millimètre. Il suffit alors de faire tourner les lames et de faire une lecture pour chaque dixième de millimètre de l'échelle. Avec les valeurs trouvées, on se fait des tableaux ou des diagrammes.

Quand on revient à la mensuration de l'œil, on emploie comme objet lumineux de petites flammes qui se réfléchissent sur le miroir convexe formé par la cornée. De la rotation qu'il a fallu imprimer aux lames on déduit successivement par le calcul la grandeur de l'image cornéenne et le rayon de courbure de la cornée.

L'avantage capital de l'ophtalmomètre de Hemlholtz consiste en ce que les petits et inévitables mouvements de la tête du sujet examiné qui, avec la méthode de Kohlrausch et Senff, fausseraient facilement les résultats, n'ont pas ici d'inconvénients, car les deux images se meuvent toujours de la même manière comme dans l'héliomètre, et leur position relative ne change pas.

Depuis vingt-six ans, plusieurs travaux ont été exécutés sur l'ophtalmométrie, et les méthodes ont été un peu améliorées; cependant il faut convenir que la mensuration de la cornée, et surtout celle du cristallin, exigeaient toujours une grande habitude et une grande patience de la part de l'observateur, avant les perfectionnements tout à fait récents qui ont été apportés à l'ophtalmomètre. Les méthodes nouvelles sont pour la plupart dérivées de celles de Helmholtz, et une grande partie des recherches d'ophtalmométrie ont vu le jour dans son laboratoire et avec son concours.

En ce qui concerne le cristallin, M. J. H. Knapp, dès 1859, a déterminé son rayon de courbure au moyen d'une lunette en comparant les images du cristallin avec celles de la cornée, dont le rayon de courbure avait été mesuré préalablement avec l'ophtalmomètre. Pour l'examen des différents méridiens chez les astigmates, M. Middelburg a imaginé un grand anneau dont la circonférence est graduée et sur laquelle on peut fixer de petites lampes dans une position diagonale quelconque.

En 1865, M. Mandelstamm décrivit une méthode nouvelle pour déterminer l'angle du grand axe de la cornée avec la ligne visuelle, angle célèbre qu'on désigne généralement par la lettre α. M. Helmholtz avait trouvé cet angle par le calcul. Mandelstamm le mesura directement en plaçant une mire près de l'ophtalmomètre, et à une certaine distance. On place cette mire d'abord d'un côté de l'ophtalmomètre et l'on tourne les lames, puis on la porte de l'autre côté et on les fait avancer jusqu'à ce que les images dans l'ophtalmomètre aient repris la position qu'elles avaient auparavant. L'angle est égal à la demi-différence des angles que la ligne visuelle fait

avec l'axe de l'ophtalmomètre dans les deux positions de la mire. Javal a indiqué un procédé beaucoup plus simple, et qui consiste à promener une bougie le long d'un arc de périmètre jusqu'à ce que l'observateur qui vise l'œil observé, en tenant son œil près de la bougie, voie l'image se peindre au milieu de la pupille de l'œil dont on cherche l'angle α et qui doit rester immobile pendant l'expérience.

M. B. Rosow introduisit, en 1865, l'usage de la lumière du soleil pour les mensurations de la surface antérieure du cristallin.

En 1869, Woinow remplace l'anneau de M. Middelbourg par des miroirs. Sur une règle divisée qu'on peut tourner dans tous les méridiens, il fixe tantôt deux, tantôt trois petits miroirs réfléchissant sur le globe oculaire la lumière d'une grande lampe. L'inconvénient de cette méthode est qu'elle oblige à changer la position des miroirs chaque fois qu'on passe à un autre méridien.

En 1872, Coccius modifie l'ophtalmomètre de Helmholtz en remplaçant les lames par un prisme biréfringent de spath d'Islande. La grandeur des images étant rigoureusement corrélative à la distance, il faut amener toujours les images cornéennes à la même distance, ce qui est très facile en changeant la distance mutuelle des flammes. Le calcul se fait au moyen de la même formule que dans la méthode de Helmholtz. Il ne semble pas que cet ingénieux instrument de Coccius ait attiré l'attention des oculistes.

La même année, 1872, fut proposée une nouvelle méthode de recherche par Mandelstamm et Schöler. Leur instrument, *micro-optomètre*, était un microscope horizontal devant l'objectif duquel était posée une lame de verre sous un angle de 45 degrés. Cette lame réfléchissait vers l'œil la lumière d'un objet brillant. Pour mesurer la profondeur de la chambre antérieure, on rapprochait la lumière jusqu'à ce que l'image formée par la cornée fût vue distinctement en même temps que l'iris : l'iris et l'image étaient donc situés dans le même plan. Le rayon de courbure de la cornée était mesuré d'avance et on pouvait ainsi calculer la position de l'image. Pour ce qui regarde le cristallin, on mesurait directement par un micromètre, placé au foyer de l'oculaire du microscope, la distance entre deux images réfléchies.

Au congrès de Londres de 1872, M. Donders a présenté un nouvel instrument auquel il donne le nom d'*ophthalmo-microscope*. C'est un microscope dont les mouvements, quand on le met au point, peuvent être exactement mesurés; si, par exemple, on a mis au point pour la surface de la cornée et si, ensuite, on met au point pour l'iris, le déplacement même du microscope donne la distance apparente entre les deux parties de l'œil.

En partie avec cet instrument, en partie avec l'ophthalmomètre, M. Reich a déterminé les constantes de l'œil (1874).

M. Ar. Reuss, à Vienne, en 1877, s'est servi pour ses recherches exclusivement de l'ophtalmomètre de Helmholtz, trouvant le micro-optomètre trop incommode, et quant à l'ophthalmo-microscope, il y renonça parce que les divisions de l'échelle n'étaient pas assez petites. Pour les images du cristallin, il employa la lumière d'une lampe à alcool et à oxygène concentrée par une lentille convexe.

Tandis que Helmholtz a obtenu le dédoublement dans son ophtalmomètre à l'aide des lames planparallèles, et Coccius à l'aide d'un cristal biréfringent, M. Landolt s'est servi dans le même but de deux verres prismatiques superposés en sens contraire. L'instru-

ment porte le nom de *diplomètre*. L'effet de cette combinaison est d'ailleurs le même que celui qu'on obtient avec le spath d'Islande de Coccius ; mais, au lieu de changer la distance entre les flammes, M. Landolt change la distance entre le diplomètre et le sujet à examiner. Le diplomètre est rendu à cet effet mobile sur une tige graduée empiriquement. Pour que l'observateur n'intercepte pas la lumière venant des lampes, la tige, avec le diplomètre, est placée de manière à faire angle droit avec l'axe de l'appareil, et un petit miroir métallique, disposé sous un angle de 45 degrés, réfléchit les images sur la cornée dans la direction du diplomètre.

Enfin un nouvel ophtalmomètre a été imaginé en 1880, par M. M. Blix, de Suède. Cet instrument est fondé sur ce fait que, pour les miroirs sphériques convexes, un objet et son image peuvent coïncider soit quand l'objet est sur la surface du miroir, soit quand il est au centre. L'instrument se compose de deux microscopes ayant la même distance focale et formant entre eux un certain angle dans le plan horizontal. L'un des microscopes est traversé par les rayons d'une lumière qui viennent se concentrer en son foyer antérieur ; on observe par l'autre microscope. Un mécanisme particulier permet d'imprimer à tous les deux des mouvements simultanés sans changer leur position mutuelle. La première image nettement vue quand on rapproche l'instrument de l'œil est située à la surface de la cornée ; si on le rapproche encore davantage, une image semblable apparaît au centre de la cornée ; le déplacement de l'instrument donne tout de suite le rayon apparent de la cornée.

III. — Disons quelques mots sur le moyen de trouver le centre de rotation et l'indice de réfraction des milieux transparents.

Pour trouver la position du centre de rotation, il y a plusieurs méthodes, mais nous n'en signalerons qu'une. Quand, l'œil étant dans une position bien fixe, on vise dans différentes directions, si l'on construit les lignes de visée, on verra que toutes, prolongées en arrière jusqu'à leur intersection, se croisent en un même point qui est le centre de rotation ; ayant déterminé d'autre part le point du sommet de la cornée, la distance entre les deux points est connue.

Les recherches de l'*indice de réfraction* pour les différents milieux de l'œil ne sont pas nombreuses. On les doit à Engel, Brewster, W. Krause, Abbe. Ce dernier a construit un réfractomètre. Mais nous dirons seulement un mot de la méthode de Helmholtz.

A l'égard des humeurs de l'œil, voici comment il procède : des échantillons de l'humeur à examiner sont interposés entre une lame de verre plane et la surface concave d'une petite lentille plan-concave ; les images données par ce système optique sont mesurées au moyen de l'ophtalmomètre et l'on en déduit les distances focales par le calcul. En outre, le rayon de la surface concave de la lentille peut être déterminé directement au moyen de l'ophtalmomètre.

Pour mesurer le pouvoir réfringent du cristallin, Helmholtz se servit d'un court cylindre vertical de laiton, reposant sur une lame de verre plane. On commençait par verser dans le cylindre un peu de corps vitré, puis on y déposait un cristallin qu'on avait eu soin d'extraire avec sa capsule sans l'endommager en aucune manière ; puis on remplissait le cylindre d'humeur vitrée, et on le recouvrait d'une lame de verre. Il ne restait plus qu'à mesurer la grandeur de l'image que le cristallin donnait d'un objet de grandeur connue.

Comme résultats des mensurations ophtalmométriques, nous donnerons les valeurs de l'œil schématique de Listing, modifié par Helmholtz :

Indice de réfraction de l'air	1
Indice de réfraction de l'humeur aqueuse	103/77
Indice de réfraction du cristallin	16/11
Indice de réfraction du corps vitré	103/77
Rayon de courbure de la cornée	8mm
Rayon de courbure de la surface antérieure du cristallin	10mm
Rayon de courbure de la surface postérieure du cristallin	6mm
Distance de la face antérieure de la cornée à la surface antérieure du cristallin	3,6mm
Distance de la face antérieure de la cornée à la surface postérieure du cristallin	7,2mm
Le premier foyer en avant de la cornée	12,92mm
Le second foyer en arrière de la cornée	22,23mm
Le premier point principal en arrière de la surface de la cornée	1,94mm
Le second point principal en arrière de la surface de la cornée	2,36mm
Le premier point nodal en arrière de la surface de la cornée	6,95mm
Le second point nodal en arrière de la surface de la cornée	7,37mm
La première distance focale principale	14,86mm
La seconde distance focale principale	19,07mm

IV. Après avoir ainsi passé rapidement en revue les appareils et les méthodes qui ont été employés en ophtalmométrie, il faut avouer qu'aucun d'eux ne s'est montré applicable dans la pratique quotidienne : aussi M. Javal fut-il conduit, en entreprenant une étude ophtalmométrique avec ma collaboration, à remplacer pièce à pièce l'instrument de Meyerstein par celui qu'il présenta, en septembre 1880, au congrès ophtalmologique international de Milan.

Malgré les avantages que chacun dut reconnaître au nouvel instrument, nous n'avons cessé depuis cette époque d'y apporter des modifications assez importantes. L'ophtalmomètre de Javal et Schiötz, construit par l'habile opticien Laurent et présenté à la Société de physique le 18 mars 1881, consiste en une lunette disposée pour une distance de 33 centimètres. Entre les deux lentilles composant l'objectif se trouve un prisme bi-réfringent de Wollaston. Au lieu de flammes nous avons pris pour l'objet un triangle de papier blanc, situé dans un plan perpendiculaire à la lunette et dont l'hypoténuse est taillée en forme de gradins dont chacun équivaut à une dioptrie. Le dédoublement, étant constant, a pour effet d'amener au contact du grand côté du triangle de l'une des images, l'un des gradins de l'autre image, et le rang de ce gradin donne la mesure de la réfraction. Il suffit donc d'une seule lecture pour savoir la réfraction dans un méridien donné ; une disposition assez simple permet même d'obtenir également l'astigmatisme par une lecture unique.

Il ne nous appartient pas de parler plus longuement de cet ophtalmomètre ; bornons-nous à dire que son emploi supprime les erreurs individuelles attribuables à l'astigmatisme de l'observateur, et que *tous les calculs sont supprimés*. Nous espérons avoir contribué à l'introduction du précieux instrument de Helmholtz dans les cliniques, où il est appelé à rendre des services quotidiens pour la mesure de l'astigmatisme qui existe toujours chez les opérés de cataracte, dont il diminue considérablement l'acuité visuelle.

V. Pendant que l'ophtalmomètre subissait aussi de nombreuses modifications au laboratoire de la Sorbonne, notre éminent confrère

américain Loring avait l'ingénieuse idée de disposer circulairement sur un petit disque de métal une demi-douzaine de lentilles plano-convexes de différentes courbures. En plaçant le disque de Loring à côté de l'œil observé, on compare la grandeur des images formées par une fenêtre sur la cornée et sur les lentilles et on voit du premier coup quelle est celle des lentilles types dont la courbure est équivalente à celle de la cornée. Ce charmant petit instrument, qui ne saurait donner une mesure de l'astigmatisme, fournit instantanément une appréciation de la courbure de la cornée, bien suffisante pour la plupart des applications pratiques.

Répétons-le pour finir : traiter ici de l'ophtalmométrie *ex professo* serait nous forcer à entrer dans des détails de mathématiques très arides et qui seraient difficilement compris du lecteur. Nous croyons donc devoir nous borner à renvoyer, pour les détails, aux mémoires originaux dont nous donnons une bibliographie et parmi lesquels nous mentionnons ici spécialement J.-L. Petit, Th. Young, Helmholtz Mauthner et Blix.

H. Schiötz.

Bibliographie. — Petit. In *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, 1723, p. 51; — 1725, p. 18; — 1726, p. 375; — 1728, p. 408; — 1730, p. 4. — Jurin. *Essay upon Distinct and Indistinct Vision*, 1738, p. 141. In *Smith's Complete System of Optics*. — Helsham. *A Course of Lectures on Natural Philosophy*. London, 1739. — Wintringham. *Experimental Inquiry on some parts of the Animal Structure*. London, 1740. — Th. Young. *Philos. Transact.*, 1801, p. 23. — D. W. Soemmerring. *De oculorum hominis animaliumque sectione horizontali*. Göttingue, 1818, p. 79. — Brewster. In *Edinburgh Philos. Journal*, 1819, n° 1, p. 47. — G. R. Treviranus. *Beiträge zur Anat. und Physiol. der Sinneswerkzeuge*. Bremen, 1828, Heft 1, S. 20. — Ici on trouve rassemblés les résultats des observateurs plus anciens. — C. Krause. *Bemerkungen über den Bau und die Dimensionen des menschlichen Auges*. In *Meckel's Archiv für Anatomie und Physiologie*. Bd. VI, S. 86 (*Description de la méthode et mensuration des deux yeux*). Extrait de ce travail in *Poggendorff's Annal.*, t. XXXI, 1832, p. 93. — Du même. In *Poggendorff's Annal.*, t. XXXIX, 1836, p. 529 (*Mensurations sur huit yeux humains*). — Kohlrausch. *Ueber die Messung des Radius der Vorderfläche der Hornhaut am lebenden menschlichen Auge*. In *Oken's Isis*. Jahrg. 1840, S. 886. — Sexff. In *R. Wagner's Handwörterbuch der Physiol.* Bd. III, Abth. 1, art. Sehen, 1846, S. 271. — E. Brucke. *Beschreibung des menschlichen Augapfels*, 1847, S. 4, und 45. — Cramer. *Het accomodatie vermogen der oogen*. Haarlem, 1853. — H. Helmholtz. *Ueber die Accommodation des Auges*. In *Arch. für Opht.* Bd. I, Abth. 2, 1854, p. 1-75. — J. H. Knapp. *Die Krümmung der Hornhaut des menschlichen Auges*. Heidelberg, 1860. — Du même. *Ueber die Lage und Krümmung der Oberflächen der menschlichen Kristallinse und den Einfluss ihrer Veränderungen bei der Accommodation auf die Dioptrik des Auges*. In *Arch. f. Ophthalm.*, VI, 2, 1860, p. 1-52. — Meyerstein. *Beschreibung eine Ophthalmometers nach Helmholtz*. In *Poggendorff's Annal.*, CXI, 415-425, et in *Henle's und Pfeufer's Zeitschr.*, 1860, XI, 185-192. — Von Jaeger. *Ueber die Einstellung des dioptrischen Apparats im Menschlichen Auge*. Wien, 1861. — J. H. Knapp. *Ueber Asymetrie des Auges in seinen verschied. Meridianebenen*. In *Arch. f. Ophthalm.*, VIII, 2, 1862, p. 185-241. — F. C. Donders und Doijer. *De ligging van het draaipunt van het oog*. In *Verslag Ned. Gasth. voor Ooglijders*, 1862, p. 209. — En allem. : *Arch. f. d. Holl. Beiträge f. Natur. u. Heilk.*, 1864, Bd. III, p. 260. — Middelburg. *De zitplaats*

van het Astigmatisme, p. 20, 1863. — *Der Sitz des Astigmatismus.* In *Arch. f. Ophthalm.*, X, 2, p. 83. — R. Scheelske, *Ueber das Verhältniss des intraocularen Drucks zur Hornhautkrümmung.* In *Arch. f. Ophthalm.*, X, 2, 1864, p. 1-46. — J. B. Schuurmann. *Vergelijkend onderzoek der Bewegingen van het oog bij emmetropie an ametropie.* H. II. *Verslag Ned. Gasth. voor Ooglijders*, p. 1, 1864. — Giraud-Teulon. *Nouvelle étude de la marche des rayons lumineux dans l'œil. Rôle de chacun des milieux dioptriques.* In *Ann. d'Ocul.*, t. LI, p. 145, 1864. — E. Mandelstamm. *Zur Ophthalmometrie.* In *Arch. f. Ophthalm.*, XI, 2, 1865, p. 259-265. — B. Rosow. *Zur Ophthalmometrie.* In *Arch. f. Ophthalm.*, XI, 2, 1865, p. 129-134. — F. C. Donders. *On the Anomalies of Accommodation and Refraction of the Eye*, 1864. En allemand : *Die Anomalien der Refraction und Accommodation.* Wien, 1866. — H. Helmholtz. *Handbuch der Physiol. Optik*, p. 8. Leipzig, 1867. Édition française, p. 11. — Giraud-Teulon. *Vorzeigung einiger optischer Instrumente.* In *Klinische Monatsbl. f. Augenh.*, 1867, p. 276. — J.-J. Muller. *Untersuchungen über den Drehpunkt des menschlichen Auges.* In *Arch. f. Ophthalm.*, XIV, 3, 1868, p. 183. — Giraud-Teulon. *Desiderata existant encore dans les éléments de construction de l'œil schématique.* In *Ann. d'Ocul.*, t. LX, 1868, p. 97. — Reuss und M. Woinow. *Ophthalmometrische Studien.* Wien, 1869. — M. Woinow. *Ophthalmometrie. Messungen der Linse. Ueber den Winkel α.* In *Klin. Monatsbl. f. Augenhl.*, VII, 1869, p. 476 et p. 482. — Mauthner. *Ueber den Winkel α.* In *Wiener Med. Presse*, nº 34-37, 1869. In *Klin. f. Augenh.*, VII, p. 481. — Strawbridge. *Ber. des Heidelberg. Congr.* In *Klin. Monatsbl. f. Augenh.*, VII, 1869, p. 480. — E. Adamuck und M. Woinow. *Zur Frage über die Accommodation der Presbyopen.* In *Arch. f. Ophthalm.*, XVI, 1, 1870, p. 144. — M. Woinow. *Weitere Beiträge zur Kenntniss des Winkels α.* In *Arch. f. Ophthalm.*, XVI, 1, 1870, p. 225. — Du même. *Ueber den Drehpunkt des Auges.* In *Arch. f. Ophthalm.*, XVI, 1, 1870, p. 243. — Du même. *Sur l'Ophthalmométrie. Critique de l'Ophthalmométrie.* En russe. — Du même. *Ophthalmometrie*, Wien, 1870. — Du même. *Astigmatismus bei Staar operirten.* In *Klin. Monatsbl. f. Augenh.*, p. 466-468, 1871. — E. Berlin. *Zur Berechnung des Astigmatismus der Hornhaut.* In *Klin. Monatsbl. f. Augenhlk.*, p. 217-219, 1871. — Holmgren. *Om Ophthalmometrar.* In *Upsala läkareförenings förhandl.* Bd. VI, p. 169, 1871.—F. C. Donders. *Winkel α.* In *Klin. Monatsbl. f. Augenh.*, p. 469-470. — M. Woinow. *Ophthalmometrische Messungen an Kinderaugen.* In *Klin. Monatsbl. f. Augenh.*, p. 280, 1872. — Gama Lobo. *Neue Methode zur Messung des Abstandes der hinteren Linsen- von der vorderen Hornhautfläche.* In *Klin. Monatsbl. f. Augenhlk.*, X, p. 288, 1872. — L. Mandelstamm und H. Schoeler. *Eine neue Methode zur Bestimmung der optischen Constanten des Auges.* In *Arch. f. Ophthalm.*, XVIII, 1, p. 155, 1872. — Coccius. *Ophthalmometrie und Spannungs-messung am kranken Auge.* Leipzig, 1872. — Reuss. *Ophthalmetrische Messungen bei Keratoconus.* In *Wiener med. Presse*, 1873. — M. Reich. *Resultate einiger ophthalmometrischer und micro-optometrischer Messungen.* In *Arch. f. Ophthalm.*, XX, 1, p. 207, 1874. — Snellen und Landolt. *Ophthalmometrie.* In *Graefe und Saemisch's Handbuch der gesammten Augenheilkunde*, t. III, p. 204, 1874. — L. Mauthner. *Die optischen Fehler des Auges*, p. 43 et p. 564, Wien, 1876. — A. v. Reuss. *Untersuchungen über die optischen Constanten ametropischer Augen.* In *Arch. f. Ophthalm.*, XXIII, 4, p. 183, 1877. — Landolt. *L'ophthalmomètre. Congrès international de Genève.* In *Comptes rendus et mémoires*, 1878, p. 772. — Horstmann. *Ueber die Tiefe der vorderen Augenkammer.* In *Arch. f. Ophthalm.*, XXV, 1, p. 79, 1879. — M. Blix. *Oftalmometriska Studier.* Upsala, 1880.

INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

Angelucci, p. 145.
Berlin, p. 367.
Bourgeois et Tscherning, p. 241.
Burnett (Swan M.), p. 205, 267, 273, 385.
Bull (G.-J.), p. 431, 437.
Chibret, p. 502.
Draper Speakman (H.), p. 441.
Dufour, p. 364.
Eissen, p. 295.
Féré et Vignes, p. 387.
Gavarret, p. 1.
Helmholtz, p. 365, 366, 367.
Hocquard, p. 509.
Hubert et Prouff, p. 167.
Javal, p. v, xvii, 37, 43, 51, 67, 115, 143, 144, 165, 197, 257, 357, 363, 364, 368, 371, 432, 566.
Javal et Schiötz, p. 39.
Koller, p. 381, 383.
Laqueur, p. 133.
Leroy, p. 395.
Martin (Georges), p. 443.
Meyer, p. 365.
Motais, p. 25.
Nordenson, p. 85.
Noyes, p. 381, 385.
Parent, p. 261.
Pfalz, p. 173.
Pflüger, p. 142, 368, 371, 559.
Randall, p. 384.
Reymond, p. 366.
Sattler, p. 370.
Schiötz, p. 213, 235, 610.
Schön, p. 370.
Scimemi, p. 277.
Sulzer, p. 15.
Theobald, p. 287, 383.
Tscherning, p. 259, 389, 393, 433, 573.
Vacher, p. 199.

LANE MEDICAL LIBRARY

To avoid fine, this book should be returned on or before the date last stamped below.

Q14 Javal, E. 48505
J41 Mémoires d'ophtal-
1891 mometrie ...

NAME	DATE DUE
Bindery	